Dottorato di ricerca
in Scienze della Cognizione e della Formazione
Scuola di dottorato in Scienze del Linguaggio, della Cognizione e della Formazione
Ciclo XXIII
(A.A. 2011 – 2012)

APPRENDERE L'INTELLIGENZA,

IL PENSIERO DI REUVEN FEUERSTEIN ALLA LUCE DELLE NEUROSCIENZE COGNITIVE

SETTORE SCIENTIFICO DISCIPLINARE DI AFFERENZA: M-PED/01
Tesi di dottorato di Gianpaolo Pegoretti, matricola 955478

Coordinatore del dottorato	Tutore del dottorando
Prof. Umberto Margiotta	Prof. Umberto Margiotta

INDICE

Introduzione

“*The relationship between brain and behavior, to cognitive and affective behavior of the organism, has proved to be a two-way transaction, with the brain being affected by, no less then affecting, behavior. The changes occurring on various levels in the brain following exposure to stimulation have been well documented and their meaning stressed*”

Reuven Feuerstein, The Ontogeny of Learning

Scopo della tesi è di confrontare il lavoro di Reuven Feuerstein, ossia la teoria della Modificabilità Cognitiva Strutturale e dell'Esperienza di apprendimento Mediato, con gli studi provenienti dall'ambito delle neuroscienze; tale confronto permette di valutare i limiti e la portata delle teorie di Feuerstein da un punto di vista innovativo, e di corroborarle, o falsificarle, attraverso le ricerche sul cervello; infine consente di discutere della cognizione e della sua modificabilità attraverso un linguaggio nuovo, che condivida i significati tra scienze dell'educazione e neuroscienze.

Dopo aver definito nel primo capitolo il lavoro di Feuerstein, la tesi prosegue con una riflessione sullo statuto epistemologico delle neuroscienze, volto ad allacciare i significati dell'apprendimento attraverso diverse discipline.

Il tema che ancora l'apprendimento alla biologia è la plasticità del fenotipo, in particolare la plasticità neurale, ossia l'insieme dei meccanismi che sono alla base della mutevolezza e della flessibilità cerebrale, e che permette la cognizione. Plasticità come base della mente, che, pur presentando dei vincoli di tipo genetico, non si manifesta come uno sviluppo passivo di un sistema predeterminato [Stiles, 2000]. Il cambiamento neurale è un processo attivo, che si declina nel rapportarsi adattivamente con il mondo. La maturazione delle funzioni cerebrali, comprese le capacità cognitive, avviene quindi attraverso l'azione.

Se la storia delle proprie esperienze è rilevante per la formazione delle capacità mentali in generale, e dunque anche di quelle cognitive, allora il passaggio logico

successivo, esplicitato nel terzo capitolo della tesi, consiste nel domandarsi se sia possibile agire su tale storia, incidendo sull'esperienza così da orientare lo strutturarsi della cognizione nelle persone. Se l'intelligenza è malleabile [Martinez, 2008], ossia è permeabile all'esperienza, allora è logico ritenere che esperienze diverse abbiano effetti diversi e potenzialmente prevedibili sulle capacità cognitive. Questa è stata la chiave di lettura degli esperimenti neuroscientifici riguardo l'apprendimento: interpretare i dati in maniera longitudinale, in modo da porre progressivamente in relazione la modificazione sia cerebrale che cognitiva, con le condizioni di possibilità date ai soggetti sperimentali. Noi esseri umani siamo molto plastici e flessibili di fronte alle esperienze di vita, quindi è verosimile che storie personali diverse portino ad attivazioni cerebrali diverse, ma la cosa che interessa qui è proprio la genealogia dell'attivazione neurale, la storia naturale dello strutturarsi del cervello e delle sue attività. La domanda sotterranea che mi pongo è: si può, almeno in linea di principio, ricostruire il percorso, di natura storica e a carattere biologico, delle persone che hanno raggiunto certe caratteristiche cognitive?

Questo per esplicitare la determinazione di Feuerstein, sintetizzata in un intervista al giornale *Le Monde* di alcuni anni fa: “I cromosomi non avranno l’ultima parola”.

Attenzione tuttavia, il discorso non è un banale dibattito tra “secondo natura” o “secondo cultura”. Piuttosto indaga la radice comune del cambiamento. Usando il linguaggio della Fisica di Aristotele, qui interessa il verbo “γίγνομαι”: sono in quanto sono diventato.

Ritengo che la riflessione portata avanti in questa tesi sia coerente con il pensiero di Feuerstein, pur puntando ad un superamento delle posizioni originali dell'autore. Rimane coerente in quanto si domanda se è possibile un'educazione cognitiva in senso forte, mirata a modificare l'intelligenza grazie all'apprendimento; supera il lavoro di Feuerstein nella misura in cui si occupa della formazione delle capacità cognitive, andando dunque oltre il semplice recupero di eventuali deficit ed analizzando invece gli effetti di varie esperienze sulla cognizione. In questo secondo senso, la tesi va posizionata all'interno di un filone di ricerca più moderno, che da un lato concepisce come utili a modificare la cognizione una serie di attività anche molto diverse tra loro [Tachibana, 2012], dall'altro ritiene che

il concetto di intelligenza sia potenzialmente molto utile alle scienze dell'educazione, qualora venga opportunamente ri-definito [Adey e Demetriou, 2007].

La Zona di Sviluppo Prossimale proposta da Lev Vygotsky, L'Esperienza di Apprendimento Mediato proposta da Reuven Feuerstein, nonché le ricerche di James Flynn, ma anche il lavoro sugli anziani di Warner Schaie e Sherry Willis e i numerosi studi sugli effetti della scolarizzazione sulle capacità intellettive [Cliffordson e Gustasson, 2008], costituiscono delle basi per pensare all'intelligenza in maniera diversa e più flessibile; ossia in maniera atta ad aiutare le persone a fronteggiare le sfide poste dall'ambiente in cui vivono grazie all'incremento del livello di efficacia cognitiva.

Mentre, stando agli *Esercizi spirituali* di Pierre Hadot, il valore psicagogico della pratica della filosofia era ben presente in epoca classica, quando l'esercizio della ragione era per l'anima analogo all'esercizio dell'atleta o del medico per il corpo. Di certo, a partire dal lavoro di Alfred Binet e del suo collega Theodore Simon, ossia dall'introduzione delle scale di misurazione dell'intelligenza, l'educazione cognitiva ha assunto connotati completamente diversi. Interessante notare come lo stesso Binet avesse proposto un sistema di “ortopedica mentale” atto a rimediare le abilità cognitive. Penso di poter affermare che, malauguratamente, proprio i test di intelligenza siano stati adoperati in numerose occasioni in maniera inappropriata e su larga scala, conducendo a veri problemi di ingiustizia e di esclusione sociale. Nessuna meraviglia quindi che, tra gli educatori, la nozione di intelligenza sia stata spesso guardata con sospetto e abbia bisogno di essere ripensata.

Capitolo 1
il pensiero di Reuven Feuerstein

L'immagine che mi sono formato di Feuerstein è quella di un pensatore coraggioso, capace di tracciare un nuovo significato della parola apprendere. Nato in Romania da famiglia ebraica, visse in prima persona il dramma della Shoah. Alla fine degli anni quaranta si trasferì nel nascente stato di Israele, dove si occupò dell'educazione di bambini e giovani svantaggiati, scampati alla guerra, provenienti da varie parti di Europa, Asia e Africa. È in questo ambiente che iniziò ad elaborare le sue idee, sempre guidato da una fortissima fiducia nel genere umano.

Il lavoro di Feuerstein è costruito su un vasto patrimonio di osservazioni, che provengono da una lunga pratica educativa guidata dalla sua profonda sensibilità. Tuttavia, dal punto di vista epistemologico, rimane aperta la questione su quale sia il fondamento delle teorie di Feuerstein, pertanto lo stesso Feuerstein avverte la necessità di cercare nuove basi epistemologiche: “Fra le maggiori speranze per il futuro della ricerca sulla Modificabilità Cognitiva vi è l'analisi degli effetti del Programma di Arricchimento Strumentale e dell'Esperienza di Apprendimento Mediato sui cambiamenti non solo comportamentali, ma anche delle strutture cerebrali: la letteratura della ricerca neurofisiologica comincia a far luce sull'impatto che l'attività mentale ha sulla struttura neuronale dell'organismo e molti ricercatori stanno valutando la possibilità di usare modalità non invasive per verificarne gli effetti in tempo reale sulla struttura del cervello.” [Feuerstein 2006 p519].

Procedendo con ordine, prima di addentrarmi nelle questioni epistemologiche, esporrò gli aspetti salienti del pensiero di Reuven Feuerstein.

1.1 la Modificabilità Cognitiva Strutturale

Il concetto di Modificabilità Cognitiva Strutturale costituisce le fondamenta dell'opera di Reuven Feuerstein. Pertanto, come primo passo per capire il pensiero dello stesso Feuerstein, è essenziale definire cosa sia la Modificabilità Cognitiva Strutturale.

Per Modificabilità Cognitiva si intende la propensione, la potenzialità, di ciascun individuo ad essere cambiato dall'esperienza. Tale cambiamento è definito Strutturale quando presenta le seguenti caratteristiche: è generalizzabile, non esclusivamente relativo ad un ambito ristretto, ma trasferibile ad ambiti differenti; è permanente, tende ad auto-perpetuarsi, a diventare un abitudine; è flessibile, ossia disponibile ad essere ulteriormente modificato da successive esperienze. In breve non si tratta di tutti quei cambiamenti specifici che avvengono costantemente durante tutto l'arco della vita, soprattutto nel corso dello sviluppo, ma solo di quei mutamenti che modificano il corso e la direzione dello sviluppo cognitivo.

Secondo Feuerstein modificarsi, adattandosi all'ambiente, significa apprendere[1]. L'apprendimento è quindi il cambiamento finalizzato al buon adattamento all'ambiente. Ritenendo che "la sopravvivenza di ogni organismo dipende dalla sua capacita di adattarsi" [Feuerstein 2006 p46], e che il pensiero sia il fattore chiave nella capacità di adattamento degli esseri umani [Feuerstein e Falik 2010], Feuerstein si prefigge, come obbiettivo formativo ultimo, di cambiare gli individui in modo da accrescere la loro capacità di adattamento all'ambiente, soprattutto di fronte a situazioni nuove. La modificazione cognitiva è dunque connotata da un forte valore formativo. Si consideri la competenza *imparare ad imparare*[2]: in

---

1 Il significato della parola "adattarsi" non ha alcuna connotazione negativa. Riprendendo la lezione di Freire mi preme sottolineare che Feuerstein usa il termine "adattarsi" in senso di integrarsi, si tratta di un adattamento che richiede un attivo radicamento nella cultura, un prendere coscienza di sé. La dimensione di trascendenza dalla realtà, che secondo Feuerstein avviene grazie alla mediazione del senso, è un parametro irrinunciabile all'interno della Modificazione Cognitiva Strutturale.

2 Sto qui utilizzando il linguaggio della didattica per competenze, descritte nella Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio, relativa a competenze chiave per l'apprendimento. Si veda la Gazzetta ufficiale dell'Unione europea del

quest'ambito Feuerstein ha chiaramente precorso i tempi. Infatti fin dagli anni cinquanta del novecento egli ha sostenuto che non solo sia possibile migliorare intenzionalmente le capacità di apprendimento, ma che questo possa essere fatto in maniera indipendente dai contenuti insegnati. Partendo da tali presupposti Feuerstein creò il Programma di Arricchimento Strumentale, di cui parlerò in dettaglio più avanti, che rappresenta la parte applicativa delle sue teorie ed è costituito da 14 tipologie diverse di esercizi volti a sviluppare strategie cognitive utili all'adattamento.

Dal momento che la modificazione cognitiva strutturale non è relativa a singoli ambiti specifici, ma alla capacità globale di una persona, e che Feuerstein [2006] concepisce l'intelligenza come la propensione dell’organismo a modificarsi quando confrontato con il bisogno di farlo, ovvero come la capacità di usare esperienze acquisite precedentemente per adattarsi a nuove situazioni, risulta chiaro come vi sia una sostanziale sovrapposizione tra la sua definizione di Modificabilità Cognitiva Strutturale e la sua definizione di intelligenza. Questo significa che per Feuerstein è possibile modificare l'intelligenza.

Tale posizione è in netto contrasto con quella di Arthur Jensen, che nel 1969 pubblicò un articolo rivelatosi molto influente: ”How much can we boost IQ and scholastic achievement?”[3]. Jensen espresse una posizione radicale, secondo cui l'intelligenza è determinata dalla genetica, quindi si nasce con un certo livello intellettivo. Sulla base di questa posizione Jensen raccomandò esplicitamente di tagliare i fondi al programma federale USA *Head Start*, volto a migliorare, attraverso interventi educativi, sociali e medici, le esperienze e le performance scolastiche di bambini provenienti da strati sociali deboli. Ritenendo che l'intelligenza sia predeterminata geneticamente, e che vi siano delle differenze genetiche tra i vari gruppi etnici umani, Jensen sosteneva che le persone di ascendenza africana fossero meno intelligenti di persone di ascendenza europea,

---

30.12.2006, L. 394/10-18

3 Non posso trattenere un commento personale: questo articolo è un raro caso di letteratura scientifica che ha danneggiato la società. È razzismo scientifico, esempio di scientificità de-umanizzante. Ho tratto una lezione da tutto questo: quando si fa ricerca, interpretare i dati nell'ottica della speranza di migliorare la condizione umana porta all'apertura, e quindi a delle verità, che non si sarebbero altrimenti scoperte; alla ricerca educativa non serve la necessità, serve la possibilità.

e in generale che vi fossero delle razze intellettivamente superiori ad altre. Purtroppo simili pregiudizi espressi con un linguaggio scientifico sono tutt'ora in circolazione[4]. Inoltre, secondo il senso comune, l'intelligenza non è tra le cose che si possono cambiare di una persona. Ad esempio, per quanto concerne lo studio, si sente spesso parlare di “cambiare atteggiamento”, oppure “essere più motivati”, o ancora di “concentrarsi” o “impegnarsi”; tuttavia non si sente mai qualcuno dire ad uno studente che va male a scuola “sii più intelligente”! Secondo la percezione comune l'intelligenza è una caratteristica che si possiede in una certa misura, ma non qualcosa che si impara. Dunque sorge spontanea una domanda, magari ingenua, ma estremamente rilevante dal punto di vista pedagogico: è realmente possibile modificare l'intelligenza?

Si tratta di una questione fondamentale, meritevole di risposte ampie e articolate, che tratterò in maniera approfondita nel terzo capitolo di questa tesi. Prima di affrontare quei temi, è opportuno trattarne un altro: la concezione di intelligenza avanzata da Feuerstein è compatibile con quelle proposte da altri studiosi?

Dal momento che vi sono molteplici concezioni di intelligenza, per comprendere la portata delle proposte e del lavoro di Feuerstein, è opportuno valutare quali siano le differenze e i punti di contatto tra la concezione di intelligenza proposta da Feuerstein e le diverse concezioni che riscuotono maggior successo all'interno delle comunità psicologica ed educativa contemporanee.

1.1.1 il concetto di intelligenza

La natura dell'intelligenza è strettamente legata alla possibilità di una Modificabilità Cognitiva Strutturale. Lo scopo che mi prefiggo è fornire una definizione di intelligenza congruente sia con le idee di Feuerstein sia con le ricerche più recenti sull'argomento. Per raggiungere questo risultato inizierò esaminando le teorie che offrono una visione globale e unitaria dell'intelligenza, mettendole in relazione con gli studi sulla Working Memory[5].

4 Per un caso recente si veda Lynn 2009

5 La working memory è la capacità cerebrale di mantenere attive per breve tempo, pochi

Ciascuna persona sviluppa un'idea di cosa sia l'intelligenza, si tratta di concezioni parziali e soggettive: si parla di intelligenza in vari contesti, attribuendo significati diversi alla parola[6]. Cornoldi [2007] distingue i significati del vocabolo intelligenza in due categorie fondamentali: generale e differenziale. Della categoria generale fanno parte le definizioni di intelligenza come insieme di tutte le funzioni cognitive, in particolare quelle adattive per la specie umana. Nella categoria differenziale, invece, si collocano le definizioni di intelligenza che sottolineano l'esistenza di capacità assenti in certe persone e presenti in altre, rendendo quindi alcune più intelligenti di altre. Per quanto concerne la Modificabilità Cognitiva Strutturale sono rilevanti questo secondo tipo di concezioni di intelligenza. É importante notare che, pur essendo possibile ricondurre le differenze individuali ad abilità o attitudini non correlate tra loro, le teorie dell'intelligenza cercano di individuare le relazioni tra le diverse abilità, riconducendole a fattori comuni. Questo tipo di ricerca, che si è storicamente concentrata sull'intelligenza come capacità di apprendimento, ha dato origine al concetto di Quoziente Intellettivo, ossia una misura psicometrica di una serie di abilità. Tali abilità sono state scelte non in base ad una definizione preesistente di intelligenza, ma in funzione dello scopo della misurazione dei test. In altre parole i test volti a prevedere il successo scolastico si concentrano sulla misurazione di quelle caratteristiche che fanno di una persona un bravo studente. All'interno di questo approccio psicometrico allo studio dell'intelligenza si è cercato di individuare un fattore comune, che sia alla base di tutte le abilità intellettive misurate dai test. Charles Spearman nel 1904 ritenne di aver individuato il fattore generale dell'intelligenza umana, che definì fattore *g* nel 1923. L'idea che esista un unico fattore alla base di tante abilità cognitive è senz'altro affascinante, ed è stata l'ipotesi dominante negli anni formativi di Feuerstein, venendo messa in seria discussione solo a partire dal lavoro di Gardner di cui parlerò nel prossimo paragrafo.

Per la Modificabilità Cognitiva Strutturale l'esistenza di un fattore *g* nelle

---

secondi, un numero limitato di informazioni; mantenendo le informazioni in stato attivo la working memory le rende disponibili a processi cognitivi complessi quali ragionamento, problem solving e linguaggio. [Wilson, Keil 1999; Binder, Hirokawa 2009]

6 Interessanti sotto questo profilo le ricerche transculturali di Sternberg [Cianciolo e Sternberg 2004; Sternberg e Kaufman 1999].

misurazioni dell'intelligenza psicometrica presenta sia un aspetto problematico sia un aspetto interessante. L'aspetto problematico è relativo ai test psicometrici stessi: ”Il test di QI può dare indicazioni su ciò che è stato appreso in passato, ma non su come sia avvenuto l'apprendimento e se l'individuo abbia il potenziale per modificare la sua capacità di apprendimento” [Feuerstein et al. 2006, p52]. Questa critica è riconducibile all'influenza della posizione storico-culturale di Vygotskij, che vede le funzioni cognitive superiori come risultato dell'interazione tra individuo e strumenti fornitigli dall'ambiente, in particolare dall'ambiente sociale. Pertanto alla misura del Quoziente Intellettivo, visto come un insieme di capacità di apprendimento, Feuerstein sostituisce la Valutazione Dinamica, che mette in luce il potenziale di apprendimento senza focalizzarsi su una singola performance [Feuerstein et al. 2002]. La nozione di Valutazione Dinamica ha riscosso scarso successo perché i risultati tendono ad essere in stretta relazione con i punteggi ottenuti tramite i normali test di intelligenza. Tuttavia la ragione di questo fenomeno è da ricondursi alle caratteristiche della mediazione culturale a cui sono state esposte le persone testate; in pratica qualora si misuri il QI di persone che hanno ricevuto un'educazione adeguata e abbiano un buon grado di istruzione, in genere non si riscontrano sostanziali differenze tra QI e potenziale di apprendimento. Tuttavia coloro che hanno vissuto una deprivazione culturale spesso presentano una potenzialità di apprendimento nettamente più alta rispetto a quelle persone dotate di pari Quoziente Intellettivo che hanno ricevuto una efficace esposizione alla cultura e all'istruzione formale. Feuerstein porta a sostegno di questa spiegazione il proprio lavoro con bambini ebrei emigrati dall'Etiopia in Israele vero la metà del secolo ventesimo[7].

Un aspetto curioso sul fattore *g* sta nel fatto che “le abilità cognitive sono molto correlate quando si esaminano i bassi livelli intellettivi, e invece diventano meno correlate a livelli intellettivi elevati: una persona molto intelligente per un aspetto non lo è necessariamente per un altro.”[Cornoldi 2007 p33]. Questo fatto suggerisce che esista una capacità di base, necessaria allo sviluppo di buone capacità intellettive, ma non sufficiente. Il che porta all'interesse di Feuerstein verso una visione globale dell'intelligenza: se esiste un fattore *g*, una caratteristica

7 Feuerstein et al. 1976

che sta alla base di tutte le diverse capacità di apprendimento, allora la possibilità di modificare tale caratteristica è critica per parlare di Modificabilità Cognitiva Strutturale. Agendo su questa caratteristica è possibile incidere globalmente sulla capacità di modificarsi di una persona, ossia agire sulla capacità stessa della persona di modificarsi. D'altro canto qualora si scoprisse che è impossibile agire su tale caratteristica, allora sarebbe possibile modificare solo aspetti singoli e parziali dell'intelligenza.

Il fattore *g* è stato originariamente individuato tramite analisi fattoriale condotta sulle variabili fornite da test del Quoziente Intellettivo: quale caratteristica umana corrisponde a questo fattore? E nel caso fosse possibile individuare tale caratteristica, è anche possibile modificarla in modo da migliorare l'intelligenza generale?

Queste due domande sono volte a esplicitare le condizioni di possibilità della Modificabilità Cognitiva Strutturale. Le risposte in forma estesa saranno date più avanti, in questa sede mi limiterò a sottolineare la compatibilità tra Working Memory Capacity e fattore *g*.

Conway e colleghi [2003] hanno confrontato i numerosi studi, apparsi a partire dal 1990, sulla relazione tra intelligenza generale e Working Memory Capacity. Nel 1990 sono stati pubblicati le influenti ricerche di Kyllonen e Christal, i quali hanno riscontrato valori di correlazione molto elevati (0,80-0,90) tra prove di ragionamento e prove di capacità della Working Memory. A questi studi pionieristici ne sono seguiti altri, maggiormente analitici, che mettono in relazione singoli aspetti della Working Memory, non solo la quantità di informazioni che possono essere mantenute in memoria e la durata del mantenimento, ma anche l'efficienza nell'integrare le informazioni in memoria con nuove informazioni, e la capacità di escludere le informazioni non più utili relativamente al compito da eseguire. Inoltre sono stati confrontati un numero sempre più ampio di compiti cognitivi con la Working Memory Capacity, principalmente compiti di natura verbale, numerica e spaziale. Queste ricerche, nella misura in cui hanno consentito di separare i contributi delle singole capacità verbali, numeriche e spaziali dai contributi della Working Memory, hanno sottolineato l'importanza del funzionamento della Working Memory nei vari tipi di processi cognitivi, e hanno evidenziato una convergenza tra

l'aggiornamento della Working Memory e l'attenzione esecutiva[8]. Mentre gli studi di neuroimmagine hanno confermato che fattore *g*, attenzione esecutiva e Working Memory condividono una medesima base neurologica[9].
Questi dati non erano disponibili quando Feuerstein elaborò l'idea di Modificabilità Cognitiva Strutturale, tuttavia sono del tutto in armonia con la concezione di intelligenza suggerita da Feuerstein, ossia un'intelligenza costituita da processi ampiamente sganciati dai contenuti, pertanto concepita come un repertorio di funzioni cognitive universali che operano attraverso contenuti e ambiti diversi. L'idea di intelligenza proposta da Feuerstein è quindi ben diversa dalle teorie delle intelligenze multiple che vedono ciascuna forma di intelligenza slegata dalle altre.

1.1.2 intelligenza generale ovvero intelligenze multiple

"La teoria della Modificabilità Cognitiva Strutturale implica una definizione di intelligenza tale da dare spazio al cambiamento. Deve perciò essere analitica, cioè fornire una descrizione in termini di abilità specifiche che possano essere valutate e forniscano una base per individuare le aree di funzionamento adeguato così come quelle di funzionamento scarso o deficitario, creando così le premesse per un cambiamento." [Feuerstein 2006 p175]
La nozione di fattore *g*, data la sua natura generale e amorfa, è quindi inadatta a guidare degli interventi volti al cambiamento. Inoltre la concezione dell'intelligenza si è progressivamente allargata, andando a corrispondere ad un vasto insieme di capacità utili. Cornoldi [2007] cita gli studi compiuti negli anni trenta del secolo scorso da Thurstone, che raccolse dati attraverso un ampissima gamma di prove, notando una discrepanza tra i risultati ottenuti da una stessa persona nei vari test. La tendenza a diversificare le prove e a considerare *intelligenze* capacità ben diverse tra loro trova un alfiere in Howard Gardner. A partire dal suo famosissimo

8 L'attenzione esecutiva è parte del sistema di controllo dell'attenzione, in particolare è coinvolta nella gestione di più compiti contemporaneamente e nell'inibizione di errori durante i processi cerebrali. [Binder, Hirokawa 2009]

9 Si tratta della corteccia prefrontale dorsolaterale e del cingolato anteriore.

libro *Frames of Mind*, Gardner propone l'esistenza di numerose tipologie di intelligenza, inizialmente ne suggerì sette: linguistica, musicale, logico-matematica, spaziale, corporeo-cinestetica, intrapersonale, interpersonale; in seguito ne aggiunse altre due, l'intelligenza naturalistica e quella esistenziale.

Negli ultimi anni Gardner ha indicato anche cinque tipi di mente: disciplinare, sintetica, creativa, rispettosa, etica. Il concetto di mente, come espresso in questo contesto, è trasversale rispetto alle intelligenze.

L'approccio di Gardner, per quanto assai interessante, non risponde pienamente all'idea di intelligenza di Feuerstein per due motivi: anzitutto perché ogni singola intelligenza è vista come indipendente dalle altre, in secondo luogo in quanto è limitata a dei precisi contenuti.

Presumere che ogni intelligenza sia del tutto indipendente dalle altre significa escludere la modificazione strutturale, pur conservando la possibilità di una serie di modificazioni settoriali. Feuerstein vede nell'intelligenza aspetti diversi, tuttavia non si spinge mai a parlare di intelligenze multiple. L'intelligenza si concretizza in varie forme, che vengono descritte da Gardner, ma in realtà essa risiede nella capacità di migliorare adattandosi. Pertanto non è intelligente chi dimostra di avere, per esempio, una buona abilità linguistica o logica, invece è intelligente la persona che riesce ad acquisire le abilità che di volta in volta le servono. La differenza principale tra Gardner e Feuerstein è che le intelligenze del primo stanno dopo l'apprendimento, mentre quella del secondo sta prima, è nella plasticità, è proteiforme, non multipla.

Non tutte le intelligenze di Gardner sembrano essere di uguale importanza e solo i deficit in alcune compromettono il funzionamento adattivo, in pratica tra le intelligenze multiple figurano anche capacità secondarie ai fini dell'adattamento: individui con poco talento musicale o corporeo-cinestetico non diventeranno né musicisti né ballerini, ma saranno ugualmente in grado di vivere bene nella nostra società; al contrario chi presenta deficienze linguistiche o logiche andrà incontro a difficoltà maggiori. L'approccio seguito da Feuerstein alla Modificabilità Cognitiva non comprende interventi di tipo musicale o corporeo-cinestetico, tuttavia contempla esercizi di manipolazione e di percezione[10].

10 In generale il metodo Feuerstein si concentra sulle capacità fondamentali, puntando ugualmente al possesso di un certo grado anche di abilità secondarie, o non

Ben diverso è l'atteggiamento di Feuerstein verso le intelligenze che Gardner chiama interpersonale e intrapersonale, a cui dedica attenzione particolare.

Secondo gli studi di Daniel Goleman [1995], queste due intelligenze sono aspetti dell'intelligenza emozionale[11]. Goleman individua cinque componenti nell'intelligenza emozionale: conoscere le proprie emozioni, è la chiave di volta di questo tipo di intelligenza; controllare le emozioni, è la base di una personalità equilibrata; motivare se stessi, rappresenta la capacità di impegnarsi, questa è la componente più rilevante per l'apprendimento, lo stesso Goleman [1995 p96] riporta gli studi di Dorenbusch e di Flynn dai quali emerge come gli studenti di scuola superiore che dedicano allo studio un numero di ore del quaranta per cento in più rispetto alla media, abbiano dei risultati comparabili a quelli degli studenti con un QI di circa una deviazione standard sopra la media; riconosce le emozioni altrui, l'empatia, riveste un ruolo fondamentale secondo Feuerstein, per via dell'importanza che egli attribuisce agli aspetti sociali dell'apprendimento; infine gestire le relazioni, che rappresenta la maturità sociale.

Nonostante empatia e motivazione giochino due ruoli chiave, Feuerstein non le considera come componenti dell'intelligenza, piuttosto come capacità che influenzano sensibilmente l'andamento dell'apprendimento. Feuerstein indica le funzioni cognitive come uniche componenti dell'intelligenza. L'analisi delle funzioni cognitive ha come punto di partenza il deficit: è volta a classificare le varie carenze riscontrabili durante l'apprendimento, quindi parte da una definizione in negativo: cosa non è intelligenza. Volendo tradurre in positivo le posizioni di Feuerstein si ottiene una visione di intelligenza compatibile con la nozione di *stili intellettivi come stati dotati di valore*. Si tratta di una nozione proposta da Sternberg: “Stile intellettivo è un termine generale che riassume i significati di tutti i maggiori stili postulati negli ultimi decenni, come stile cognitivo, tempo concettuale, stile di decision making e problem-solving, stile di apprendimento, stile mentale, stile

---

tradizionalmente associate al pensiero e all'intelligenza.

11 Emotional intelligence è stata tradotta in italiano intelligenza emotiva. A mio personale avviso si tratta di una traduzione fuorviante, fa pensare ad una persona emotiva, che si emoziona ed è spesso poco razionale. Mentre gli studi di Goleman ben documentano che la cognizione umana non potrebbe funzionare in maniera razionale senza gli stati emotivi. Pertanto preferisco usare il termine emozionale, quasi come un portmanteau di emotivo+razionale.

percettivo, stile di pensiero. Uno stile intellettuale si riferisce alla modalità preferita di processare informazione e affrontare compiti." [Zhang e Sternberg 2005 p1-2]. Gli studi di Zhang hanno evidenziato una notevole sovrapposizione tra i risultati dei principali test per individuare i diversi tipi di «stile», per questa ragione Sterngerg e Zhang si sentono pienamente giustificati nel liberarsi della polisemia in favore di una sola etichetta. Inoltre individuano tre stili intellettivi dotati ciascuno di molteplici aspetti, in maniera parallela alla teoria triarchica dell'intelligenza di Sterngerg. Quest'ultima categorizzazione non è interessante dal punto di vista di Feuerstein, il cui lavoro rimane focalizzato sui singoli aspetti dell'intelligenza. Tuttavia la natura degli stili intellettivi, che sono contemporaneamente cognitivi, psichico-emotivi e percettivi, coglie molto bene la trasversalità della visione di Feuerstein. Inoltre vi sono altri due aspetti rilevanti: anzitutto Sterngerg e Zhang sostengono che gli stili intellettivi siano dotati di un valore adattivo, in altri termini che non si tratti di modalità neutre; al contrario, certi stili sono maggiormente adattivi di altri. Certo dipende dal contesto, infatti in una professione l'apertura all'esperienza e la creatività possono giocare un ruolo più importante rispetto ad un'altra professione, nella quale potrebbero contare di più modalità conservative ed esecutive[12]. Il secondo aspetto è che gli stili intellettivi non sono dei tratti immodificabili, piuttosto sono degli stati, possono cambiare.

Per sostenere questo punto Sternberg e Zhang citano gli studi trasversali compiuti da Grigorenko, Postiglione e dagli stessi Zhang e Sternberg tra il 1995 e il 2001. Tali studi "hanno indicato che gli stili di pensiero degli studenti variano in funzione dell'età, del genere, dell'ordine di nascita, della disciplina studiata, dello status socioeconomico, delle esperienze di lavoro, delle esperienze di viaggio e delle attività extracurricolari" [Zhang e Sternberg 2005 p13]. Quindi, pur rimanendo plausibile che vi siano delle preferenze innate, gli stili sono almeno in parte socializzati e si possono apprendere.

Questo ultimo aspetto è fondamentale in quanto perfettamente allineato con le idee di Feuerstein riguardo l'intelligenza: che si tratti di una capacità composta da

12 Sternberg pone l'accento sul fatto che certi stili sono assai più adattivi di altri nella nostra società, e desiderabili per ottenere posizioni elevate. In questo modo enfatizza l'aspetto dell'adattività legato al mondo del lavoro, restringe il campo. Qualora si preferisse una visione più ampia, è bene notare che l'intera gamma di stili intellettivi ha delle buone ragioni di esprimersi, nei più diversi ambiti dell'attività umana.

vari elementi modificabili dall'esperienza, e quindi che sia in grado di assumere forme diverse al fine di migliorare la capacità di adattamento di ciascuna persona.

1.1.3 intelligenza come stato o tratto

Dopo aver confrontato le principali concezioni sull'intelligenza con le proposte di Feuerstein è ora di trarre alcune conclusioni. Per prima cosa sottolineo che non vi è corrispondenza perfetta tra le diverse teorie dell'intelligenza, si notano piuttosto diverse sovrapposizioni parziali tra le idee di Feuerstein e quelle degli altri studiosi citati nei precedenti paragrafi.

In sintesi, secondo Feuerstein, l'intelligenza è una capacità legata alla fitness, termine preso in prestito dalla biologia che indica la caratteristica di un organismo di essere adatto all'ambiente in cui vive, è intelligente chi riesce ad adattarsi, e questo per gli esseri umani dipende in maniera primaria dall'apprendimento. Chi apprende meglio è più intelligente.

Vi sono persone che dimostrano una maggiore intelligenza in termini globali, ossia raggiungono l'adattamento con facilità in diversi ambiti, mentre altre persone purtroppo no.

Ad ogni modo tale capacità complessiva di apprendere è sempre composta da numerose funzioni cognitive[13], ogni persona presenta alcune carenze nello sviluppo di queste funzioni, questo fatto lascia spazio per un miglioramento; a seconda delle esperienze di vita il miglioramento può essere pronunciato o modesto.

Questo è il punto cruciale: l'intelligenza non è un tratto, non è qualcosa di fisso, è uno stato, quindi può migliorare, oppure peggiorare. Si tratta, come ho già scritto, di intelligenza *proteiforme*, indipendente dai contenuti, ma in relazione con essi, infatti “il processo di «bridging» è una parte integrale del Programma di Arricchimento Strumentale di Feuerstein, è proposto come un efficace veicolo per

13 Il termine «cognitivo» è usato da Feuerstein per comprendere anche la dimensione emotiva e le abitudini di comportamento, in pratica Feuerstein usa l'aggettivo «cognitivo» come Sternberg usa «intellettivo».

lo sviluppo e il trasferimento dei processi di pensiero acquisiti e delle loro applicazioni a diversi contenuti e situazioni di apprendimento.” [Feuerstein e Falik 2010 p4]. Le funzioni cognitive sono concepite come universali e incontrano i contenuti in maniera trasversale. Proprio questo permette a Feuerstein di parlare di *modificazione strutturale*, ossia non legata ad un singolo ambito. Purtroppo, visto gli anni in cui elaborò le sue teorie, Feuerstein trovò il concetto di intelligenza generale non adatto a parlare di modificabilità, pertanto si concentrò sulle singole funzioni cognitive, senza cercare di vederle come diversi aspetti di un'unica capacità. Questo indebolisce la sua visione di intelligenza, ed è mia intenzione trattare approfonditamente la questione nei prossimi capitoli, rinnovando le concezioni di Feuerstein grazie ai contributi delle neuroscienze. Tuttavia, prima di avventurarmi su simili argomenti, intendo proseguire il discorso sulle funzioni cognitive, cosa che farò nel prossimo paragrafo.

Concludo con una riflessione sulla modificabilità in educazione: Michel Fabre [1994] individua due modelli che attraversano tutta la pedagogia, il modello tecnico e il modello biologico. Fabre prende le mosse dai primi due libri dalla *Fisica* di Aristotele, in cui viene posto il problema della forma. Secondo Aristotele ogni cambiamento consiste nell'informare, nel dare una nuova forma, ad una porzione di materia. La forma costituisce il fine del cambiamento, la materia contiene la potenzialità al cambiamento, infatti non ogni materia può assumere ogni forma. Per esempio il bronzo, pur assumendo proporzioni umane in una statua, non diventerà mai un corpo di carne e ossa.

La formazione è un caso particolare di cambiamento, la trasformazione di un uomo ignorante in uno saggio è analoga alla trasformazione di un seme in una pianta o di un blocco di bronzo in una statua. La causa efficiente del cambiamento può essere di due tipi: secondo natura, che avviene spontaneamente grazie ad una spinta interna, come nel caso del seme; oppure secondo tecnica, quando è necessario un lavoro esterno, come nel caso della statua in bronzo. La formazione dell'uomo saggio a quale dei due casi appartiene?

Questa dualità tracciata da Aristotele permea tutta la riflessione pedagogica, quindi è in teoria possibile collocare anche Feuerstein al suo interno. Da una parte si pone l'accento sull'auto-costruzione del sapere, modello biologico, dall'altra su

quanto la società riesce a plasmare l'individuo, modello tecnico. Piaget è vicino al primo modello, Vygotskij al secondo; entrambi hanno influenzato il pensiero di Feuerstein, l'idea che l'intelligenza sia legata alla capacità di adattamento all'ambiente è ripresa da Piaget, mentre il lavoro di Vygotskij sulla zona di sviluppo prossimale è alla base della metodologia di intervento di Feuerstein.

Trovandomi ad operare un confronto tra neuroscienze cognitive e pensiero di Feuerstein, mi rendo perfettamente conto di quanto la dualità tecnica - biologia sia inadeguata a descrivere la modificazione cognitiva: una visione ottimistica dell'essere umano considera la persona come modificabile, almeno fino ad un certo punto ed in base agli sforzi impiegati per cambiare. L'applicazione del Programma di Arricchimento Strumentale richiede normalmente due anni al ritmo di tre ore a settimana per la popolazione normale, tre anni per cinque ore a settimana per chi presenta condizioni speciali [Feuerstein e Falik 2010]. Si tratta in altre parole di un lavoro lungo e sistematico, che parte dalle carenze delle funzioni cognitive. Per quanto Feuerstein appaia molto vicino al modello tecnico, la natura stessa di carenza, di sviluppo non ottimale rispetto alle proprie potenzialità, richiama dei vincoli biologici. È presente una tensione che parte da una concezione piagetiana di acquisizione dell'intelligenza per tendere ad una posizione storico-culturale. Il pensiero di Feuerstein affonda le radici nella tradizione ebraica, non in quella greca, e attraversa la dualità tecnica - biologia senza curarsene, senza risolvere la contraddizione epistemologica, seguendo la fede talmudica nella potenzialità insita nella natura umana. È mia convinzione che sia plausibile e utile conciliare in dualismo tecnica - biologia, e intendo tornare sull'argomento per dimostrarlo. Tuttavia prima di poter arrivare a questo è essenziale che presenti la tassonomia delle funzioni cognitive carenti tracciata da Feuerstein.

1.2 le funzioni cognitive carenti

Fino a qui ho mostrato come le varie definizioni di intelligenza correnti siano

inadeguate rispetto agli obbiettivi che Feuerstein si prefigge. Adesso illustrerò le funzioni cognitive carenti[14].

"Le funzioni cognitive sono le condizioni mentali essenziali all'esistenza delle operazioni mentali e di ogni altra funzione del comportamento. La parola chiave in questa definizione è *condizione*: le funzioni cognitive sono definite come le condizioni in cui si attuano le operazioni mentali." [Feuerstein 2006 p177-178]. Feuerstein opera una distinzione tra funzioni e operazioni[15]: le prime sono consapevoli e fungono da fase preparatoria per le seconde, che invece avvengono in maniera inconscia e automatica[16]. In questo modo l'intervento sulla capacità di apprendere e di adattarsi si focalizza sull'aspetto cosciente del processo di pensiero, si tratta pertanto di un intervento metacognitivo. Le operazioni, pur essendo lasciate in secondo piano, vengono comunque allenate dall'attività di apprendimento proposta da Feuerstein, e questa è una parte importante della modificabilità cognitiva, come avrò modo di argomentare grazie al contributo delle neuroscienze. Feuerstein tende a sottovalutare l'aspetto non cosciente dell'apprendere.

Le funzioni cognitive possono essere sviluppate in maniera autonoma, ma in linea di massima sono apprese per via della socializzazione. Per questo il rapporto umano è l'elemento fondamentale del Programma di Arricchimento di Feuerstein. È grazie all'interesse per l'altro che Feuerstein è stato in grado di creare una tassonomia delle funzioni cognitive: domandandosi perché un alunno commette certi errori ha potuto scoprire che spesso dietro i deficit cognitivi c'è una carenza specifica. In altre parole, dalle varie testimonianze e appunti di Feuerstein e dei

14 Si noti come la carenza non sia definita in termini assoluti, essa dipende dal livello di difficoltà del compito: anche persone dotate generalmente di un buon funzionamento possono disporre di funzioni che si rivelano carenti di fronte a compiti molto complessi. Per questo virtualmente chiunque può trarre beneficio da un lavoro sulle proprie funzioni cognitive.

15 Feuerstein[2006] definisce un'operazione come un insieme interiorizzato, organizzato e coordinato di azioni, in base alle quali il soggetto elabora le informazioni ricavate da fonti esterne.

16 La distinzione tra processi, coscienti, e operazioni, inconsce, a mio avviso ha implicitamente limitato la concezione di intelligenza di Feuerstein. Il problema non è la divisione in se stessa, quanto il considerare funzione cognitiva esclusivamente la parte cosciente. Questo è il limite delle definizioni metacognitive di intelligenza, che hanno in realtà molto a che vedere con l'uso che si fa delle proprie capacità, ma non entrano in merito alle capacità stesse, soprattutto quelle globali.

suoi collaboratori, si coglie una critica verso gli insegnanti che mettono brutti voti senza chiedersi a cosa sia dovuto l'insuccesso di un alunno. Al contrario Feuerstein si è posto questa domanda in maniera sistematica, arrivando a formulare un elenco di carenze, di problemi specifici che affliggono l'apprendimento. Ossia un'analisi di quei processi mentali coscienti che non si dimostravano efficaci di fronte a determinati compiti di pensiero e apprendimento. Tali carenze le ha messe in relazione con l'impoverimento culturale, inteso come una mancanza di socializzazione con persone in grado di fornire una guida in quanto dotate di funzioni cognitive efficaci.

Per scopi pratici Feuerstein ha diviso le funzioni cognitive in tre fasi: fase di input, di elaborazione[17] e di output. In realtà i processi cognitivi sono sempre rapidi e fluidi, quindi questa suddivisione è in una certa misura arbitraria, tuttavia è stata scelta per ragioni di chiarezza didattica e per la precisione con cui consente di individuare i metodi di intervento più adatti. Utilizzando un linguaggio tipico delle scienze cognitive classiche Feuerstein [2006] identifica le funzioni in fase di input come i processi responsabili dell'inserimento delle informazioni nel sistema cognitivo, mentre quelle di output si occupano di emettere e applicare le conclusioni fornite dalla fase di elaborazione, che costituisce il nucleo del processo cognitivo e la sua caratteristica specifica è di trasformare le informazioni in conoscenza organizzata. Le fasi di input e output sono definite periferiche, mentre la fase di elaborazione è centrale, dunque una compromissione nella fase di elaborazione ha ripercussioni più gravi che non una carenza nelle fasi di input e output[18], anche se queste ultime potrebbero condurre ad un blocco oppure a distorsioni dovute a difficoltà percettive. I processi di apprendimento veri e propri avvengono durante la fase centrale stabilendo relazioni tra le informazioni.

Elemento fondamentale nel recupero delle funzioni cognitive carenti è averne

17 La fase di elaborazione è legata a doppio filo con le operazioni mentali, infatti spesso l'intervento metacognitivo permette di far diventare consapevole di una parte del processo cognitivo che prima era inconscia, e quindi operazionale. Viceversa, una volta che le funzioni cognitive carenti sono state corrette e adeguatamente consolidate dall'uso, parecchi processi di elaborazioni si automatizzano ritornando al di fuori della coscienza.

18 La fase di elaborazione ha molto più a che vedere con l'intelligenza, come viene generalmente intesa, rispetto alle fasi periferiche, che riguardano principalmente ordine e meticolosità.

consapevolezza e controllo: molte persone non investono né tempo né sforzo nei propri processi cognitivi, non cercano di capire dove sbagliano e se c'è qualcosa che possano fare per evitare gli errori. Si tratta di ricostruire e descrivere il processo per poterlo controllare, in tal modo si passa dall'essere passivi all'essere attivi mentalmente. L'attività, l'agire mentale, è indispensabile per raggiungere la modificazione cognitiva, e l'impegno personale vi contribuisce in maniera importante. Ne consegue che la consapevolezza di essere in grado di cambiare sia determinante per passare dalla passività all'attività mentale. La percezione di se stessi, come avrò modo di approfondire nel terzo capitolo, è uno degli elementi chiave della Modificabilità Cognitiva Strutturale in quanto ne è un presupposto.
Descrivo ora le varie funzioni cognitive suddivise per fase.

1.2.1 le funzioni carenti in fase di input

Feuerstein [2006] individua cinque funzioni cognitive nella fase di input: *percezione sfuocata e superficiale, orientamento temporale e spaziale, conservazione delle costanti, precisione e accuratezza nella raccolta dei dati, uso simultaneo di due o più fonti di informazione*.
La *percezione sfuocata e superficiale* è definita come la mancanza di controllo dell'attenzione nel raccogliere i dati in vista di un compito. Ne esistono due tipi fondamentali: l'omissione di dati essenziali, ossia quando «non si nota» qualcosa di rilevante, e la distorsione dei dati acquisiti, che avviene quando si mantengono in memoria dei contenuti in maniera imprecisa.
L'*orientamento temporale e spaziale* è la capacità di manipolare oggetti ed eventi usando coordinate spaziali e temporali come sistemi di riferimento. Una carenza nell'orientamento temporale e spaziale si riflette in diversi campi: nelle relazioni complesse tra i dati, in particolare nelle relazioni di causa-effetto che sono impossibili da stabilire senza delle coordinate temporali; nel distanziamento dai dati forniti dalla percezione immediata, ossia nella capacità di andare oltre alle circostanze specifiche, di trarre insegnamenti utili dalla storia e dall'esperienza,

applicando a nuovi scenari quello che si è imparato in altre occasioni; nella percezione dei processi di cambiamento, ovvero nella capacità di distinguere il tempo psicologico dal tempo reale, dando così validità intersoggettiva alla percezione del tempo, e un analogo discorso vale anche per lo spazio; nella memoria autobiografica, infatti non sarebbe più possibile capire quando o dove è accaduto un certo evento, rendendo la memoria una confusione di circostanze particolari, senza struttura e poco affidabile nel recupero di ricordi precisi.

La *conservazione delle costanti* risiede nell'abilità e nella propensione a identificare un oggetto come tale nonostante i suoi possibili cambiamenti di dimensioni, caratteristiche e orientamento, presuppone la capacità di discriminare le caratteristiche essenziali da quelle secondarie. La persona che presenta una carenza nella conservazione delle costanti non è in grado di identificare oggetti come appartenenti alla stessa famiglia perché non riesce ad individuarne le caratteristiche essenziali, quelle che definiscono tutti gli oggetti della famiglia. Si tratta di un deficit della categorizzazione dovuto alla mancanza di capacità di astrarre, isolare una o più caratteristiche e porle come definitorie di un gruppo di oggetti.

La funzione di *precisione e accuratezza nella raccolta dei dati* riguarda il bisogno di precisione, capire quanto debbano essere precisi i dati in vista di un compito. La carenza di precisione e accuratezza è definita come scarsa o assente consapevolezza dell'importanza di individuare il livello di precisione ottimale per svolgere un particolare compito. Questa carenza è spesso dovuta ad impulsività, o comunque ad una scarsa capacità di analizzare il compito dal punto di vista della precisione richiesta, il che porta a tralasciare varie operazioni: quante volte andrebbero esaminati i dati, per quanto tempo, quali processi di controllo andrebbero applicati per assicurarsi che la raccolta sia completa. Quando il bisogno di precisione è insufficiente si manifesta la tendenza a raccogliere dati in modo incoerente e impreciso.

L'*uso simultaneo di due o più fonti di informazione* è un primo passo verso le fasi di elaborazione, pertanto può essere considerato il punto di raccordo tra le fasi di input e quelle di elaborazione. La caratteristica fondamentale di questa funzione è la propensione a collegare i dati; si registra una carenza quando un individuo non

è in grado di considerare simultaneamente tutte le fonti di informazione rilevanti. L'uso simultaneo di più fonti di informazione è una delle funzioni cognitive più importanti, grazie alla quale viene stabilita una coesione tra gli elementi confrontati, costituisce il prerequisito per formare delle relazioni tra i vari elementi.

1.2.2 le funzioni carenti in fase di elaborazione

Feuerstein [2006] individua dieci funzioni cognitive nella fase di elaborazione: *capacità di cogliere l'esistenza di un problema, capacità di distinguere i dati rilevanti da quelli non rilevanti, comportamento comparativo spontaneo, ampiezza di campo mentale, bisogno di comportamento sommativo, proiezione di relazioni virtuali, bisogno di prove logiche, comportamento di interiorizzazione, comportamento di pianificazione, percezione attiva e complessa della realtà.*
La *capacità di cogliere l'esistenza di un problema* è la prima funzione ad entrare in gioco nella fase di elaborazione, ne attiva il processo orientandolo verso una soluzione. Si tratta della capacità di formulare con chiarezza uno specifico problema. Cogliere l'esistenza del problema è un tipo di relazione: si pone in relazione quello che è noto e quello che si sta percependo e si cerca ogni eventuale incongruenza. La carenza di questa funzione cognitiva chiave consiste nella mancanza dell'abilità di riconoscere il fatto che c'è un problema, per cui esso non viene percepito.
La *capacità di distinguere i dati rilevanti da quelli non rilevanti* funge da filtro per le successive operazioni nella fase di elaborazione. Questa funzione richiede di cogliere come l'importanza di ciascuna informazione dipenda dal contesto. Una persona manifesta una carenza nella capacità di distinguere i dati rilevanti quando mostra la tendenza a considerare i dati in se stessi senza considerare la natura del problema che sta affrontando. Saper determinare lo scopo di un'operazione è essenziale per definire cosa sia rilevante ai fini del raggiungimento dell'obbiettivo. La definizione dello scopo riguarda la capacità di cogliere l'esistenza di un problema, quindi questa seconda funzione della fase dell'elaborazione è

strettamente dipendente dalla prima.

Il *comportamento comparativo spontaneo* è una funzione cruciale, dato il ruolo che svolge nella creazione di relazioni tra informazioni isolate. Il processo di comparare e confrontare oggetti ed eventi diversi crea un elevato numero di relazioni, soprattutto quando avviene spontaneamente, e quindi frequentemente. La carenza in questa funzione è definita come la difficoltà ad attuare processi di confronto in maniera sistematica. Il comportamento comparativo spontaneo presenta tre aspetti: la raccolta mentale di molti elementi allo scopo di formare associazioni, il possesso di concetti in grado di fornire criteri per il confronto di oggetti differenti, e la comprensione dell'importanza dello stesso comportamento comparativo nella creazione di relazioni.

L'*ampiezza di campo mentale* è in stretta relazione con la memoria e il suo funzionamento, in particolare con la capacità di richiamare quanto è stato memorizzato. Se il campo mentale è ristretto si assiste ad una limitazione nella capacità di creare relazioni tra informazioni diverse o distanti tra loro. Un campo mentale ristretto è dovuto alla mancanza di strategie e processi volti ad organizzare i ricordi in un sistema coerente. La componente principale di questa funzione è la percezione della capacità di controllare il proprio campo mentale. In altre parole la percezione della capacità di richiamare intenzionalmente i ricordi, rendere il ricordare un processo attivo. Aspetto importante riguardo a tale capacità è sviluppare processi attivi di organizzazione dei dati che accrescano l'efficienza della memoria.

Il *bisogno di comportamento sommativo* rappresenta l'esigenza fondamentale di raggruppare le relazioni tra i dati. Il comportamento sommativo organizza le informazioni in gruppi significativi attraverso criteri di inclusione[19]. Si costituisce quindi come una serie di processi volti alla classificazione delle informazioni. Qualora una persona non manifesti il comportamento sommativo si parla di percezione frammentaria della realtà.

La *proiezione di relazioni virtuali* è una funzione cognitiva che richiede l'integrazione di tutti i processi propri delle funzioni di elaborazione fin qui descritte,

19 Vi sono moltissimi criteri possibili, tanto che non è plausibile fornire un elenco. Qualsiasi parametro che possa giustificare un raggruppamento: quantità, frequenza, sequenza...

in particolare implica il superamento della tendenza alla percezione frammentaria della realtà. Questa funzione crea nuove informazioni istituendo relazioni tra dati isolati e sconnessi. Tali relazioni sono virtuali, non sono presenti nella realtà direttamente osservabile, piuttosto sono il prodotto di un'interpretazione del soggetto che attribuisce un certo significato a un'esperienza diretta. La proiezione di relazioni virtuali si compone di due aspetti: il primo, intenzionale, è costituito dalla formulazione consapevole delle potenziali relazioni e dal loro recupero finalizzato a proiettarle su elementi nuovi; il secondo è il passaggio a un livello cognitivo automatico, operazionale.

Il *bisogno di prove logiche* è la propensione ad individuare relazioni di causa-effetto tra elementi diversi. La mancanza del bisogno di prove logiche per orientare il proprio comportamento è una disfunzione significativa, che arriva a compromettere l'autosufficienza di un individuo. Al soggetto che non presenta questo bisogno il mondo appare arbitrario e casuale. Quindi non è in grado di operare deduzioni, né di argomentare in favore delle proprie idee. Questa funzione presenta sia un aspetto filosofico, concernente la natura della verità, che si manifesta nella ricerca della coerenza e della non contraddittorietà del pensiero, sia un aspetto pratico, ossia la capacità di decidere razionalmente e di mantenere un comportamento congruente con le proprie decisioni.

Il *comportamento di interiorizzazione* è costituito dallo sviluppo di rappresentazioni mentali, che vengono utilizzate per i processi di elaborazione. Quando questa funzione è carente la persona si affida solo ai dati concreti, mentre il buon funzionamento della stessa richiede un livello di astrazione adeguato e l'utilizzo di rappresentazioni simboliche. È una funzione essenziale per il pensiero matematico. Se il bisogno di prove logiche è critico per sviluppare la capacitò di deduzione, il comportamento di interiorizzazione lo è nei confronti dell'induzione. Questa funzione sta alla base di tutti i processi di elaborazione in quanto trasforma i dati provenienti dall'esterno in rappresentazioni simboliche, rendendoli in tal modo manipolabili. Una carenza nel comportamento di interiorizzazione si ripercuote su tutte le altre funzioni cognitive nella fase di elaborazione.

Il *comportamento di pianificazione* implica sia la definizione di obbiettivi distanti sul piano temporale e sul piano spaziale, sia la distinzione tra fini e mezzi. In dettaglio

richiede di saper fissare sotto-obbiettivi e di dividere la pianificazione in fasi, accertandosi che siano ordinate in base alla corretta sequenza temporale, e che i mezzi e le fasi siano adeguati al raggiungimento dello scopo. Implica la capacità di esaminare le opportunità e le alternative, e di valutare gli obbiettivi in relazione ai bisogni, in modo da accertarne la rilevanza. Il comportamento di pianificazione in genere viene appreso ed esercitato su mete a breve termine, e successivamente applicato ad obbiettivi a lungo termine.

La *percezione attiva e complessa della realtà* è in stretta relazione con le funzioni cognitive di: comportamento comparativo spontaneo, bisogno di comportamento sommativo e proiezione di relazioni virtuali. Si presenta come una funzione cognitiva di sintesi, che integra gli aspetti delle altre funzioni, in particolare le tre appena citate. Implica lo sviluppo di un'immagine di sé come produttore di conoscenza, invece che quale semplice recettore, attraverso la formazione di nuove relazioni tra le informazioni. La carenza di questa funzione si presenta come un atteggiamento passivo nei confronti dell'esperienza, senza alcun tentativo di contribuire ad essa attivamente organizzando gli eventi, ordinandoli, collegandoli, confrontandoli e quindi collocandoli all'interno di un contesto più ampio e significativo.

1.2.3 le funzioni carenti in fase di output

Feuerstein [2006] individua quattro funzioni cognitive nella fase di output: *modalità di comunicazione egocentrica, blocco, risposte per tentativi ed errori, trasposizione visiva*.

La *modalità di comunicazione egocentrica* raccoglie in sé l'essenza del processo di output, ossia dare forma ai prodotti della fase di elaborazione. Il processo di output è determinato dalla natura del compito, che è fortemente condizionata dall'ambiente sociale. In pratica si tiene conto delle caratteristiche delle persone a cui si comunicano i propri risultati, la chiarezza dipende dal fatto che si riesca a capire che cosa sanno le persone a cui ci si sta rivolgendo. La modalità di

comunicazione egocentrica nasce dal modo in cui il soggetto si relaziona con gli altri e consiste nell'incapacità di distinguere tra sé e gli altri: quando un individuo non percepisce le persone che gli stanno intorno come altro da sé, egli non compie nessuno sforzo per farsi capire in modo chiaro perché da per scontato che gli altri sappiano le stesse cose che sa lui. La modalità egocentrica è tipica di un'identità indifferenziata, nei primi stadi dello sviluppo è naturale, va considerata carenza quando la si riscontra negli adulti.

Il *blocco* è la sospensione dell'esecuzione di un certo compito. Le caratteristiche di questa funzione cognitiva sono essenzialmente emotive e comportamentali. Esistono numerosi fattori che possono indurre il blocco, ma in sintesi è dovuto alla mancanza di disponibilità di una persona a proseguire uno sforzo che potrebbe portare ad un insuccesso. Il blocco tende a verificarsi in condizioni di stress e durante lo svolgimento di compiti particolarmente importanti, infatti il peso emotivo dell'insuccesso e la paura di non riuscire possono aumentare la percezione del rischio e quindi la probabilità di fallire. Si parla di blocco non solo quando l'attività cessa del tutto e in maniera duratura, ma anche nel caso in cui gli sforzi perdano di organizzazione e metodicità, diventando intermittenti e dispersivi.

Le *risposte per tentativi ed errori* sono una componente naturale nelle fasi iniziali dell'apprendimento, tuttavia, quando iterata oltre la fase iniziale, questa procedura rischia di distrarre la persona dalle relazioni rilevanti. Il comportamento per tentativi ed errori, di per sé funzionale, diventa una carenza quando il soggetto non è in grado di utilizzare efficacemente i tentativi che ha compiuto, e continua a procedere per tentativi ed errori. Si tratta quindi di un sintomo di chi non sa utilizzare l'esperienza acquisita in precedenza per applicarla al nuovo contesto.

La *trasposizione visiva* è la funzione cognitiva responsabile del mantenimento dei contenuti percettivi nel passaggio dalla fase di input alla fase di output. La carenza nella trasposizione visiva è definita come la difficoltà di conservare un percetto mentre lo si elabora mentalmente, in altre parole indica una memoria visiva instabile. Quindi la persona che presenta carenza, pur essendo in grado di elaborare efficacemente i dati dell'input, durante la fase di output non è più in grado di richiamarli alla mente.

1.3 l'Esperienza di Apprendimento Mediato

Dopo aver descritto le singole funzioni cognitive che compongono la capacità di adattamento, ossia i vari aspetti della cognizione sui quali agire per arrivare ad una modificazione cognitiva, trovo del tutto logico occuparmi di come sia possibile indurre intenzionalmente delle modificazioni cognitive strutturali.

Feuerstein afferma che “le strutture cognitive si sviluppano nell'organismo come prodotto di due modalità di interazione tra esso e il suo ambiente: la diretta esposizione alle fonti di stimolo[20] e l'Esperienza di Apprendimento Mediato.” [2006 p109]

L'apprendimento per esposizione diretta si ha quando le persone interagiscono con l'ambiente, costituito dal mondo degli oggetti, tale ambiente è la fonte degli stimoli. Gli stimoli inducono l'organismo a modificare il suo repertorio di comportamenti e creare delle strutture cognitive al fine di adattarsi all'ambiente. Feuerstein non entra nei dettagli di questo aspetto generale di apprendimento, si limita ad assumere che l'organismo cambi per via dell'interazione con un ambiente[21].

L'Esperienza di Apprendimento Mediato avviene quando gli stimoli di cui l'apprendente fa esperienza sono trasformati da un agente mediatore, un'altra persona che si interpone tra l'ambiente e l'apprendente. Questo agente mediatore seleziona, organizza e arricchisce gli stimoli che vengono presentati all'allievo, con l'intenzione di modificare, rendendo efficace, il funzionamento cognitivo dell'allievo stesso. Il mediatore si pone come filtro, non espone l'apprendente a degli stimoli indiscriminati, invece seleziona quelli utili allo scopo di incrementare la sua adattabilità, ma non solo: trasforma gli stimoli che presenta, relazionandoli con altri, con l'obbiettivo di dare loro un significato agli occhi di chi apprende. Inoltre il mediatore si pone come guida, presentando modelli comportamentali che il

20 Gli stimoli sono relativi al mondo degli oggetti e degli eventi. Nel linguaggio di Feuerstein lo stimolo proviene sempre dalla componente non sociale dell'ambiente, l'elemento umano si concretizza come mediatore di stimoli.

21 Nel paragrafo sulla neurobiologia dell'apprendimento approfondirò l'argomento rendendo conto di come l'organismo si modifica a livello cerebrale.

mediato non ha ancora acquisito. L'Esperienza di Apprendimento Mediato cambia il rapporto tra apprendente e ambiente, in modo tale che chi apprende inizi a pensare gli oggetti e gli eventi, piuttosto di avere semplicemente a che fare con la realtà immediatamente presente. In tal modo cambia la qualità dell'esperienza, che diventa molto più ampia. Tutto questo è messo in opera dall'elemento umano, senza il quale non saremmo diversi da altre specie animali, come dimostrano per esempio i casi di bambini selvaggi[22].

Quanto più è carente l'Esperienza di Apprendimento Mediato, tanto più è limitata la comprensione dell'esperienza, che diventa poco significativa, inutilizzabile per far fronte a situazioni future. Feuerstein riprende Piaget completandolo: aggiunge l'interazione con altri esseri umani come elemento essenziale per arrivare all'accomodamento, riconoscendo all'elemento sociale un ruolo ben più ampio della semplice imitazione. Inoltre Feuerstein espande le dimensioni temporali: non più limitato alla fase evolutiva, l'accomodamento diventa un fenomeno che accompagna l'intero arco della vita.

La capacità di rispondere in modo adattivo all'incontro con un ambiente in continuo mutamento è il risultato fondamentale dell'Esperienza di Apprendimento Mediato, se essa è carente o inadeguata le persone presentano limitatezza di comportamenti e strategie volti ad affrontare situazioni nuove, inoltre mancano delle linee guida atte a creare relazioni tra eventi od oggetti distanti nel tempo e nello spazio. Tanto più le persone sono deprivate della mediazione tanto meno sono capaci di trarre dall'esperienza indicazioni utili ad orientare le azioni future, in definitiva non sono in grado di apprendere efficacemente.

Ora mi stacco dal linguaggio di Feuerstein e pongo l'argomento da una prospettiva leggermente diversa: per quanto anche l'apprendimento per esposizione diretta porti l'organismo a cambiare, la mediazione diffonde quegli adattamenti che si sono dimostrati efficaci. Soprattutto nelle prime fasi di vita è di importanza primaria che ogni persona inizi a trasformare le proprie capacità, l'essere umano infatti è altamente indeterminato alla nascita, dotato di pochi istinti, di strutture sia fisiche

22 Il primo caso ampiamente documentato fu quello del famoso Victor, il ragazzo di circa 12 anni di cui si occupò il medico Jean Marc Gaspard Itard. Ve ne furono molti altri casi. In tutti è evidente come la totale deprivazione di socializzazione con altri esseri umani abbia portato a deficit di comportamento, cognitivi e soprattutto linguistici, ed emotivi molto marcati.

che mentali ancora profondamente immature. Tali strutture si svilupperanno adattandosi all'ambiente durante la crescita; per quanto l'architettura generale della mente umana sia fissata dai limiti genetici della nostra specie, le differenze individuali dovute all'esperienza sono enormi: il linguaggio in primo luogo, e tutte le manifestazioni culturali, ma anche lo sviluppo emotivo, dipendono dall'esperienza in maniera significativa[23]. Quando nasciamo le nostre capacità cognitive sono ben poco strutturate, si strutturano, come Piaget ha sostenuto, durante l'età evolutiva, ma il loro strutturarsi non è il semplice svolgersi di un programma prefissato. Al contrario le ottime capacità di adattamento della nostra specie, che ci hanno permesso di colonizzare quasi ogni ambiente del pianeta, dipendono dalla plasticità tipica della mente umana, ed inoltre dipendono dalla capacità umana di diffondere gli adattamenti ben riusciti. La modificabilità cognitiva è espressione dalla plasticità, la mediazione è espressione della capacità di diffondere adattamenti. Anche senza mediazione le strutture cognitive si modificherebbero, ma non ci sarebbe alcuna intenzione a guidare il cambiamento.

Tornando alla prospettiva di Feuerstein, l'Esperienza di Apprendimento Mediato è un modo di interagire con l'ambiente attraverso la socializzazione, un modo che cambia la qualità dell'esperienza, rendendola significativa. Quindi non tutta la socializzazione è Esperienza di Apprendimento Mediato, solo quella che presenta certe caratteristiche, che Feuerstein definisce parametri, e suddivide in universali, ovvero quelli necessari per poter parlare di Esperienza di Apprendimento Mediato, e quelli situazionali, legati a specifiche contingenze [Feuerstein e Feuerstein 1991].

1.3.1 i parametri di mediazione

I tre parametri universali dell'Esperienza di Apprendimento Mediato, ossia *intenzionalità-reciprocità, trascendenza* e *mediazione del significato*, sono le caratteristiche che conferiscono ad un'interazione le qualità richieste per essere

23 Quanto dipendano dall'esperienza e quanto dai geni è argomento di dibattito, dibattito in cui mi getterò con molto piacere nel prossimo capitolo.

considerata mediativa.

L'*intenzionalità* e la *reciprocità* sono la base su cui si costruisce la mediazione: gli stimoli, che costituiscono il contenuto della mediazione, sono modellati intenzionalmente, i criteri secondo cui si selezionano gli stimoli sono dettati dall'intenzionalità del mediatore. La mediazione è pertanto sempre un'interazione pianificata, orientata da obbiettivi chiari. Inoltre anche il modo in cui vengono presentati gli stimoli è volto ad esplicitare l'intenzionalità, il mediatore palesa alla persona che riceve la mediazione la propria intenzione di presentare uno stimolo ben determinato. La franchezza nel mostrare l'intenzione è volta a creare reciprocità. La reciprocità implica la creazione di un'interazione stabile, una relazione empatica in cui mediatore e mediato entrino in sintonia. Questa interazione è finalizzata a trasformare lo stato mentale, emotivo e motivazionale dell'allievo per renderlo più aperto all'esperienza. La persona che riceve la mediazione viene resa attenta e consapevole del processo mediativo, in modo che inizi ad entrare in ottica metacognitiva.

La *mediazione della trascendenza* è in stretta relazione con l'intenzionalità del mediatore e dell'interazione mediativa, porta l'allievo oltre l'hic et nunc in modo da slegarlo dalla dipendenza di oggetti ed eventi immediatamente presenti. Mira a far comprendere che l'esperienza che si vive in un dato momento può avere significati diversi, ed è relazionabile con altre esperienze. In tal modo il vissuto viene proiettato nello spazio e nel tempo, ampliando le prospettive di una persona. La trascendenza conduce il mediato a guardare oltre gli obbiettivi immediati e primari, creando la spinta a moltiplicare il numero di risposte cognitive e affettive, quindi conduce ad una maggiore apertura mentale, un orientamento verso la conoscenza.

La *mediazione del significato* è correlata con la dimensione affettiva della mediazione, risponde alle domande «perché, per che cosa». Mediare il significato consiste nel presentare alla persona che riceve la mediazione il significato affettivo attribuito agli oggetti e agli eventi dal mediatore. Non si tratta di imporre un significato, bensì di orientare verso la ricerca di significato, infatti, dal momento che l'interazione mediativa è sempre reciproca, si configura come uno scambio di significati che avviene mettendo in mostra le proprie emozioni, cosa si prova nei

confronti di un dato evento od oggetto. Questo parametro di mediazione è presente fin dalle prime fasi della vita grazie al rapporto madre/bambino, e viene messo in atto non solo con il linguaggio verbale, ma soprattutto con quello non verbale. La mediazione del significato rinforza sia la dimensione dell'intenzionalità sia quella di trascendenza. Lo scopo di questo aspetto mediativo è di generare entusiasmo, ottimismo, apertura a nuove possibilità, in sintesi di creare emozioni positive che spingano a maggiori investimenti in se stessi ed una maggiore apertura al cambiamento.

I restanti parametri sono situazionali o di rinforzo, sono determinati dalle circostanze, rappresentano opportunità per espandere e rinforzare gli obbiettivi mediativi. Sono questi parametri secondari che permettono di diversificare gli stili cognitivi; inoltre fungono da modalità specifiche per risolvere deficit funzionali. Mentre i parametri universali sono presenti in tutte le culture, e laddove non siano adeguati si parla di deprivazione culturale, i parametri situazionali sono distribuiti in maniera diversa tra le varie culture, questo porta a diversità culturale e di stile di pensiero ma non a deprivazione.

Pur non essendo indispensabili per comprendere il pensiero di Feuerstein, per completezza mi accingo a descrivere sinteticamente i parametri situazionali o di rinforzo.

Mediazione del senso di competenza: è la mediazione che aiuta a capire che quello che si fa è un riflesso delle proprie capacità. Feuerstein nota come essere competenti non implica sentirsi tali, e che similmente sentirsi competenti non implica esserlo. La mediazione del senso di competenza si muove tra questi due poli, da un lato crea delle situazioni in cui chi riceve mediazione possa far esperienza della propria competenza, dall'altro si aiuta l'allievo a considerare le competenze di cui ha dato prova come parte del suo concetto di sé. Lo scopo è arrivare a conoscersi, mettersi alla prova e valutare quali siano i propri punti di forza e i limiti.

Mediazione della regolazione e del controllo del comportamento: è volta ad inibire i comportamenti non desiderati, e a creare processi di autoregolazione. Si applica di solito nei casi di impulsività, il mediatore porta l'allievo a riconoscere l'impulsività come fonte di errore e ad assumersi la responsabilità dei propri comportamenti. La

mediazione della regolazione del comportamento non si limita a semplici ammonimenti, prevede sia il dare l'esempio da parte del mediatore, sia la richiesta di riflessione metecognitiva da parte del ricevente, che è indotto a domandarsi quali comportamenti assumere e perché, quindi a riflettere sugli effetti dei suoi comportamenti nelle varie situazioni.

Mediazione del comportamento di condivisione: riflette l'importanza di lavorare assieme ad altri, presuppone la capacità di accettare e comprendere chi ci sta vicino. Se private di questa mediazione certe persone possono mostrare la tendenza a non voler partecipare agli sforzi altrui, o viceversa a non voler che altri collaborino con loro. La mediazione consiste nell'incoraggiare il lavoro di gruppo, favorendo l'ascolto e il confronto tra i suoi membri.

Mediazione dell'individualizzazione e della differenziazione psicologica: è l'esatto contrario del parametro precedente, consiste nel portare quegli individui che si nascondo in un gruppo ad essere indipendenti, a mettere alla prova le proprie sole forze, e quindi in termini pratici a lavorare da soli. Infatti sia la capacità di agire in gruppo che l'agire individualmente sono strumenti utili nella vita.

Mediazione della ricerca, scelta, conseguimento e comportamento di monitoraggio di un obiettivo: spingere l'allievo a porsi degli obbiettivi realistici e raggiungibili, inoltre a valutare le strategie utili al loro raggiungimento e ad interrogarsi sul conseguimento o meno degli obbiettivi che si erano prefissati. In sintesi portare il mediato a sviluppare la capacità di pianificare. Lo scopo è allargare il campo mentale proiettando le azioni verso il futuro, oltre l'esperienza sensoriale diretta.

Mediazione della difficoltà della prova, la ricerca della novità e della complessità: portare l'allievo a contatto con situazioni nuove, dargli dei compiti più difficili rispetto a quelli a cui è abituato. Lo scopo di questo parametro di mediazione è di incentivare il comportamento esplorativo. Ovviamente il mediatore mostra all'allievo l'importanza di valutare i rischi, ma anche a non essere timoroso di fronte ad esperienze nuove. La capacità di adattarsi ai cambiamenti è influenzata profondamente da questo parametro.

Mediazione della consapevolezza della modificabilità dell'essere umano: l'Esperienza di Apprendimento Mediato è volta ad aiutare ogni persona ad evolvere mentalmente. Attraverso la mediazione della consapevolezza della

modificabilità il discente è portato a riconoscere i cambiamenti avvenuti, il fatto di essere cambiato e quindi di essere in grado di cambiare ancora. Lo scopo di questo parametro è dunque quello di indurre un cambiamento nel sistema di credenze relative al sé, in modo da creare motivazione per ulteriori cambiamenti. Si tratta di un aspetto mediativo molto importante per quelle persone che sono oggetto di aspettative negative, in quanto simili aspettative creano un'immagine di sé incompatibile con l'auto-miglioramento.

Mediazione della ricerca di un'alternativa ottimistica: questo parametro si commenta da solo, è la trasmissione dell'ottimismo dal mediatore all'allievo. Non si limita alla componente affettiva, né è legato alla presenza fisica del mediatore, il suo obbiettivo è mettere in luce il valore dell'ottimismo, del mantenere lo sguardo sugli aspetti positivi.

Mediazione del sentimento di appartenenza: potenziare il senso di appartenenza alla comunità, anche a discapito dell'individuo. In questo caso non si tratta semplicemente di imparare a lavorare con altre persone, il sentimento di appartenenza riguarda la propria identità. Feuerstein sottolinea come nella cultura occidentale questo parametro sia quasi assente, l'occidente moderno infatti spinge verso un forte individualismo, mentre in altre culture il sentimento di appartenere alla propria comunità è considerato un aspetto fondamentale ai fini della sopravvivenza[24].

Mediazione della consapevolezza: è il coinvolgimento metacognitivo dell'allievo nella relazione mediativa, consiste nel diventare consapevoli del proprio bisogno di mediazione. Questo parametro è utile per instaurare una relazione più profonda tra mediatore e ricevente, infatti crea le condizioni affinché l'allievo comprenda quali vantaggi può trarre dalla mediazione. In tal modo l'intenzione che guida il

---

24 Per quanto Feuerstein non la citi, si pensi alla *paideia*, all'attenzione posta dagli Ateniesi nell'educare alla cittadinanza. Oppure si pensi alla tensione tra libertà personale e società nel Rousseau del Contratto sociale. In effetti è leggermente irritante vedere Feuerstein toccare appena uno dei nodi della cultura occidentale, e liquidarlo in una pagina senza dare peso alla ricca trattazione che la tradizione occidentale ha dato del tema. Mi preme sottolineare l'importanza di questo parametro della mediazione per il movimento ecologista: la sotto-cultura ecologista denuncia proprio un eccesso di individualismo nella nostra società, che dà origine a fenomeni del tipo «not in my backyard». Al contrario è uno dei capisaldi dell'educazione ambientale insegnare che, per usare le parole di Jared Diamond, "il mondo è il nostro polder".

processo mediativo, scegliendone gli obbiettivi, non è più solo quella del mediatore: anche chi riceve mediazione assume un ruolo attivo all'interno della relazione.

1.3.2 contenuti, modalità e categorie

Oltre ad indicare le caratteristiche che rendono mediativa una interazione tra esseri umani, Feuerstein [2006] elenca alcuni ulteriori aspetti riguardanti l'Esperienza di Apprendimento Mediato: i contenuti, le modalità e le categorie.
Cominciando dal ruolo contenuto, Feuerstein sostiene che la mediazione non sia dipendente dai contenuti dell'esperienza di apprendimento, il contenuto funge da veicolo per l'interazione mediativa, che però è da esso svincolata. Le funzioni cognitive non si sviluppano a partire dall'esposizione a tipologie specifiche di contenuti. Questo non toglie che i contenuti siano elementi importanti dell'esperienza, tuttavia lo sviluppo cognitivo dipende dall'acquisizione di strategie, operazioni e procedure da parte del discente. Feuerstein [Feuerstein, Feuerstein e Schnur 1997] introduce la nozione di *distanza cognitiva*, che rappresenta la differenza tra saper svolgere un compito specifico ed essere in grado di generalizzare i propri saperi, comportamenti e strategie, in modo da applicarli a nuovi compiti. Quando i processi cognitivi possono essere generalizzati e trasferiti, trascendendo i singoli contenuti e compiti, la distanza cognitiva viene superata. Di conseguenza, nell'ottica mediativa di migliorare l'adattabilità, vari contenuti servono ad esercitare le medesime funzioni e operazioni cognitive in modo che il discente consolidi i propri processi mentali e sia in grado di trasferirli al maggior numero possibile di ambiti, così da sviluppare dei comportamenti più adattivi.
Per quanto riguarda il ruolo delle modalità, ossia dei linguaggi e dei medi attraverso cui la mediazione viene espressa, vale quanto detto per i contenuti: la mediazione non è dipendente dalle modalità. Per ragioni pratiche il linguaggio verbale è il canale più usato per instaurare l'interazione mediativa, ma non l'unico. Anche il linguaggio non verbale è un medio usato molto frequentemente, specie

durante le primissime fasi della vita quando i bambini non hanno ancora imparato a parlare.

L'indipendenza dalle modalità apre un nuovo campo di possibilità: l'Information and Communication Technology (ICT) come modalità di mediazione. Si tratta di un'opportunità ancora largamente inesplorata, lo stesso Feuerstein non ha mai mosso alcun passo in una simile direzione, tuttavia si tratta di un argomento che ha iniziato a suscitare interesse in Brasile [Reis 2008]. Non si tenterebbe di sostituire l'elemento umano con il computer, piuttosto di organizzare gli stimoli anche tramite ambienti virtuali, che affiancherebbero le tradizionali esperienze di apprendimento mediato. In tal modo si creerebbero degli ambienti di apprendimento arricchiti, disponibili anche a distanza, volti a potenziare specifiche funzioni cognitive. Inoltre il Programma di Arricchimento Strumentale verrebbe proposto non più su fogli cartacei, ma in formato elettronico. Le ICT hanno già determinato una più ampia diffusione dell'Esperienza di Apprendimento Mediato, sarebbe opportuno ve ne fosse maggior consapevolezza: di fatto il web è già usato spontaneamente da moltissimi utenti come luogo di interazioni intenzionali e reciproche, che trascendono dall'esperienza contingente e che mediano dei significati, in altre parole il web 2.0[25], grazie alle sue caratteristiche di interattività, è una modalità di mediazione. Nonostante questo fatto, il campo delle ICT come modalità mediativa rimane ancora da esplorare.

Un discorso diverso vale per le categorie dell'Esperienza di Apprendimento Mediato: considerando che il mediatore si frappone tra l'allievo e l'ambiente, e che così facendo modifica la relazione tra allievo e ambiente di apprendimento, le categorie della mediazione rappresentano i diversi modi di modificare tale relazione. Feuerstein [2006] individua sette categorie fondamentali, che costituiscono tutti i mezzi grazie a cui i parametri di mediazione si concretizzano all'interno delle interazioni sociali. La categoria primaria, quella che si manifesta in maniera pervasiva, è ovviamente la selezione degli stimoli. Il mediatore, tenendo conto degli obbiettivi educativi specifici, seleziona dalla massa di stimoli che investono l'allievo quelli che ritiene rilevanti e significativi. Questa prima categoria

---

25 La dicitura web 2.0 è propria del gergo informatico, indica quelle caratteristiche di internet emerse a partire dal nuovo millennio, che consentono una maggiore flessibilità della rete e una facilità di scambi tra gli utenti in costante miglioramento.

di mediazione è critica nello sviluppo della capacità di focalizzare l'attenzione: implica un processo di inibizione degli elementi non importanti, quindi l'uso di attenzione selettiva. Come avrò occasione di spiegare dettagliatamente nel terzo capitolo, la capacità di concentrare l'attenzione su certi contenuti mentali escludendo tutti gli altri è una componente dell'attenzione legata all'efficienza della Working Memory, che a sua volta è altamente correlata all'intelligenza generale[26].

La seconda categoria di mediazione è una logica estensione della prima, consiste nella pianificazione degli stimoli: la scelta degli stimoli è associata al processo di pianificazione, che determina il modo in cui lo stimolo apparirà lungo le dimensioni spaziali e temporali. Questa seconda categoria introduce il mediato alla dimensione storica, considerata di grande importanza all'interno della tradizione ebraica da cui proviene Feuerstein; tanto da ritenere che più è remoto il passato a cui una persona può riferirsi, più lontano potrà andare nel futuro.

Vi è poi la categoria dell'anticipazione, ossia preparare il mediato all'esperienza che sta per vivere. In particolare sono gli aspetti emotivi ad essere anticipati, se l'esperienza sarà positiva o negativa. L'importanza dell'anticipazione diviene evidente quando il mediatore trascende i bisogni immediati dell'allievo, in modo da portarlo oltre il soddisfacimento di tali bisogni in favore di obbiettivi più distanti.

Altra categoria di grande importanza è l'imitazione, o meglio la dimostrazione intenzionale da parte del mediatore dei comportamenti che l'allievo può imitare. Questa categoria si basa sul contatto visivo più che su scambi linguistici, Feuerstein ha correttamente intuito il ruolo fondamentale di guardarsi in viso in modo da non imitare solo i gesti dell'altra persona, ma di imitarne l'intenzione. Infatti il comportamento imitativo implica da parte dell'imitatore un atto volontario caratterizzato dalla discriminazione tra fini e mezzi. Questo non è il momento di approfondire il discorso, lo farò nel terzo capitolo, quando confronterò il lavoro di Feuerstein con le scoperte delle neuroscienze sociali.

Alle categorie di selezione e pianificazione di stimoli si affianca la categoria di offerta di stimoli specifici, che si ha quando l'apprendimento mediato si verifica in seguito all'offerta diretta e intenzionale di stimoli determinati culturalmente. Si

---

26 O, più precisamente, la working memory è quella caratteristica cerebrale correlata con le performance cognitive. Quindi un cattivo funzionamento della working memory si riflette su tutte le capacità mentali.

tratta di stimolazioni considerate fondamentali all'interno della tradizione culturale a cui il mediatore appartiene. Questa categoria genera un arricchimento in termini di contenuti della mediazione.

Al fine di rendere stabili le funzioni cognitive, e di apprendere ad applicare quanto imparato da un'esperienza precedente ad una nuova situazione, Feuerstein indica la categoria di ripetizione e variazione: la ripetizione è fondamentale per consolidare i comportamenti e le strategie di pensiero, mentre la variazione funge da bridging, ossia allarga e diversifica progressivamente gli ambiti in cui una strategia viene utilizzata.

La settima categoria è il comportamento comparativo. Questa categoria sfrutta il comportamento esplorativo spontaneo e consiste nel sottolineare le possibili associazioni tra oggetti ed eventi. Così facendo si creano le condizioni per individuare relazioni tra i vari stimoli presentati. In altre parole funge da prerequisito del pensiero relazionale.

1.3.3 la mediazione come caratteristica tipica della condizione umana

Fino a qui mi sono occupato di descrivere gli aspetti tecnici dell'interazione mediativa, ora è il caso di allargare la prospettiva. Feuerstein non inventa né la modificabilità cognitiva né l'apprendimento mediato, che sono elementi da sempre presenti negli esseri umani, piuttosto si limita a sottolinearne la portata e a metterne in luce la relazione. Egli ritiene che l'Esperienza di Apprendimento Mediato sia il mezzo principale della trasmissione culturale, tanto da considerare la trasmissione della cultura una vera e propria categoria a parte di mediazione: l'Esperienza di Apprendimento Mediato “offre all'allievo degli input che non sarebbero disponibili se non fossero attivamente mediati da una generazione dotata di maggiore esperienza e formazione. In questa categoria di Esperienza di Apprendimento Mediato rientra la conoscenza di eventi avvenuti in un periodo di tempo al di fuori dell'esperienza diretta dell'individuo e di informazioni che non sono alla portata della persona e che, per questo motivo, sono accessibili solo per

mezzo della mediazione.“ [Feuerstein 2006 p130-131] Da un punto di vista pratico i parametri di trascendenza e di mediazione del significato sono sempre parte di uno scambio culturale tra persone. Questo implica che senza interazioni mediative non vi sarebbero né tradizioni né cultura. Ecco perché Feuerstein definisce la deprivazione culturale come la causa di uno sviluppo non ottimale delle funzioni cognitive.

Quanto detto sin qui implica che la mediazione sia una caratteristica universale dell'esistenza umana: come la trasmissione biologica avviene attraverso la procreazione, così la trasmissione culturale avviene attraverso la mediazione. Il mediatore tenta di trasmettere se stesso. In fondo si tratta di un bisogno comune a tutti, da un lato dovuto al fatto che, data l'indeterminatezza alla nascita e la conseguente plasticità di comportamento che contraddistingue la nostra specie, per adattarci all'ambiente noi esseri umani necessitiamo di venire guidati dalla generazione che ci ha preceduti; dall'altro lato è dovuto ad un'innata volontà di perdurare, sia singolarmente che come gruppo, in particolare come gruppo familiare, così che tutte le culture tendono ad auto-perpetuarsi.

In definitiva la modificabilità cognitiva e l'apprendimento mediato sono interdipendenti, la prima rende possibile il secondo, che a sua volta è il principale mezzo di realizzazione della prima. Sono entrambe caratteristiche che ci rendono umani in quanto aprono la dimensione culturale: modificabilità e mediazione sono le condizioni necessarie e sufficienti per lo sviluppo della cultura. Infatti, se non esistesse alcuna modificabilità, gli esseri umani sarebbero guidati solo da riflessi automatici, e il nostro comportamento risulterebbe estremamente rigido, incapace di cambiare per adattarsi alle circostanze; mentre se non fosse possibile la comunicazione di esperienze[27] ogni persona sarebbe un organismo completamente isolato e pertanto non soggetto a cambiamenti dovuti ad altre persone.

---

27 Non mi piace il termine «trasmissione culturale», seguendo Visalberghi [1988] sostengo che non esista alcuna trasmissione, che l'apprendimento sia un'attività esplorativa spontanea. Questa concezione è coerente con il pensiero popolazionistico introdotto da Edelman nello studio del cervello, di cui parlerò nel prossimo capitolo. Il fatto che non esista a livello biologico una trasmissione tra menti, ma che ugualmente gli esseri umani siano plasmati dall'incontrarsi, trova la sua spiegazione nei neuroni specchio, dei quali tratterò più avanti.

1.4 il Programma di Arricchimento Strumentale

Dato che l'apprendimento mediato e la modificabilità cognitiva sono fenomeni che caratterizzano la quotidianità di ciascuno, viene spontaneo domandarsi quale sia il contributo pratico di Feuerstein.
Dal punto di vista applicativo il lavoro di Feuerstein si concretizza nel Programma di Arricchimento Strumentale. Prima di descrivere il programma faccio una precisazione: lo scopo della tesi è confrontare le idee di Feuerstein, ossia la modificabilità dell'intelligenza e la mediazione, con le scoperte delle neuroscienze; tale confronto mi permetterà di valutare i limiti e la portata delle proposte di Feuerstein dal punto di vista della neurobiologia, di corroborarle, o falsificarle, attraverso delle ricerche sul cervello, che sono del tutto indipendenti rispetto a quelle condotte fino ad ora sul lavoro di Feuerstein, ed infine mi consentirà di discutere l'intelligenza, la sua modificabilità e la mediazione attraverso un linguaggio nuovo. Ne consegue che l'esatta natura del Programma di Arricchimento Strumentale non costituisce particolare interesse. Pertanto, anche se sono stati elaborati altri programmi di potenziamento cognitivo, non è mia intenzione capire, ad esempio, quale sia il più efficace, o i pregi e i difetti di ciascuno, quello che mi preme è capire perché funzionano e in che modo. Dal momento che tutti questi programmi si basano sulle medesime premesse teoriche di Feuerstein, ossia la modificazione cognitiva attraverso l'interazione con un ambiente guidata dall'azione di altri esseri umani, e dal momento che Feuerstein è stato il primo a mettere assieme tali premesse, mi sono concentrato sul suo lavoro. Tuttavia non entrerò nel dettaglio del modo in cui il Programma di Arricchimento Strumentale viene somministrato. Piuttosto metterò in evidenza la relazione tra il materiale che compone il programma e le funzioni cognitive.
Seconda premessa: lo stesso Feuerstein [2006] afferma che il suo programma funziona se chi lo somministra agisce da mediatore. Quello che modifica la cognizione è l'interagire mediativo, il programma è solo strumentale ed è

concepito in modo da fornire a qualsiasi mediatore e a qualsiasi suo allievo dei punti da cui partire e dei risultati da raggiungere.

Il Programma di Arricchimento Strumentale[28] si compone di 300 pagine di esercizi da eseguire con carta e matita; è strutturato in 14 unità, dette strumenti, ciascuna delle quali si rivolge a specifiche funzioni cognitive. Lo scopo di ogni strumento è sia di lavorare su determinati deficit cognitivi, sia di contribuire al raggiungimento dei sei sotto-obbiettivi comuni all'intero programma. Nel suo complesso il Programma di Arricchimento Strumentale fornisce materiale per due o tre anni al ritmo di tre-cinque ore di lezione a settimana. Sottolineo che solo circa 25 minuti per ogni ora di lezione sono dedicati alla risoluzione degli esercizi, il resto del tempo è impiegato in maniera interattiva, discutendo i risultati, in modo da enfatizzare il rapporto di mediazione, sia verticale tra l'insegnante che somministra il programma e i sui allievi, sia orizzontale tra gli allievi stessi.

Ogni unità strumentale è formata da esercizi con difficoltà crescente, gli allievi iniziano con i primi esercizi e, una volta risolti questi, passano via via a quelli successivi, in modo da affrontare livelli progressivamente maggiori di difficoltà. Gli strumenti si possono dividere in non verbali: Organizzazione di punti, Percezione analitica e Immagini; a vocabolario limitato: Orientamento spaziale 1 e 2, Confronti, Relazioni familiari, Progressioni numeriche e Sillogismi; infine strumenti che necessitano di capacità di lettura e comprensione: Classificazioni, Istruzioni, Relazioni temporali, Relazioni transitive e Sagome. Questa divisione è sorta soprattutto perché inizialmente Feuerstein indirizzò il suo programma a studenti provenienti da vari paesi, immigrati in Israele di recente, e dunque non ancora padroni della lingua ebraica. L'ordine in cui detti strumenti vengono proposti dipende sia dai bisogni degli allievi, a questo scopo viene impiegata la batteria di valutazione dinamica, il Learning Propensity Assessment Device [Feuerstein et al 2002], costruita in accordo con le concezioni di Feuestein sul funzionamento cognitivo, sia dalle caratteristiche degli strumenti stessi: il programma è costruito in maniera tale che l'attività di apprendimento inizialmente agisca in modo

28 Quello che sto descrivendo è il programma standard, ne esiste anche una versione definita basic, pensata appositamente per bambini al di sotto dei sette anni, o comunque per persone dotate di un funzionamento mentale estremamente basso. Per scelta di campo ho deciso di concentrarmi su persone adulte, anche visto la mancanza di studi sugli effetti del programma di arricchimento sui bambini.

specifico su ciascuna funzione cognitiva deficitaria, e che successivamente consolidi i miglioramenti attraverso compiti complessi che coinvolgano numerose funzioni cognitive. In termini pratici questo significa che Orientamento spaziale 1 debba precedere Orientamento spaziale 2, Confronti preceda Classificazioni, Relazioni transitive e Sillogismi, mentre Organizzazione di punti, Confronti e Classificazioni siano tutti prerequisiti di Sagome.
In genere comunque il primo strumento insegnato è Organizzazione di punti, che viene utilizzato per orientare gli allievi alle caratteristiche del programma.
Detto questo riguardo la struttura generale del Programma di Arricchimento Strumentale, prima di descrivere ciascuno strumento, tratterò i sei sotto-obbiettivi che fungono da sfondo comune.

1.4.1 i sei sotto-obiettivi del Programma di Arricchimento Strumentale

Il Programma di Arricchimento Strumentale ha lo scopo di accrescere la capacità degli esseri umani di modificarsi attraverso l'esposizione diretta o mediata agli stimoli, sia durante le occasioni formali e informali di apprendimento sia durante le varie esperienze quotidiane. Il raggiungimento di questo scopo avviene tramite il perseguimento di sei sotto-obbiettivi [Feuerstein 2006].
Il primo dei sotto-obbiettivi è recuperare le funzioni cognitive carenti, che è il primo passo verso una buona funzionalità cognitiva generale. Nei casi di persone culturalmente deprivate con basso livello di funzionamento sarà necessario lavorare su deficit estesi, tuttavia il recupero avviene affrontando le deficienze delle singole funzioni, fino a cambiare la struttura del comportamento cognitivo. In ogni caso la presenza di funzioni cognitive carenti non si limita alle persone con un basso livello di funzionamento generale, anche persone autosufficienti e ben inserite nella società possono presentare alcuni deficit circoscritti che danneggiano certe prestazioni.
Il secondo sotto-obbiettivo consiste nell'acquisizione di concetti fondamentali, etichette, vocaboli, operazioni e relazioni. Rappresenta l'aspetto dei contenuti: gli

strumenti sono deliberatamente indipendenti dal contenuto, perché il programma di arricchimento non è mirato ad insegnare degli argomenti specifici come, per esempio, le discipline scolastiche. Piuttosto il programma si rivolge ai processi, alle strategie metacognitive e ad allenare tutte quelle capacità che si applicano ad una ampio spettro di argomenti. Tuttavia vi sono certi contenuti, ossia concetti, vocaboli e operazioni fondamentali, senza i quali gli strumenti stessi risultano inaccessibili. Si tratta di quelle conoscenze di base che fungono da prerequisiti per la comprensione di un vasto numero di argomenti.

Il terzo sotto-obbiettivo è favorire la motivazione intrinseca grazie alla formazione di abitudini cognitive. Si tratta di una caratteristica molto particolare del programma: secondo Feuerstein uno dei principali problemi che si trova ad affrontare chi cerca di modificare la struttura cognitiva dei propri allievi è che molti dei cambiamenti indotti dipendano, per il loro consolidamento, dall'attivazione di bisogni che raramente vengono prodotti dall'ambiente. Pertanto qualsiasi cosa venga appresa in un programma di arricchimento può risultare di utilità molto limitata in quanto, una volta terminato il programma, gli allievi smettono di utilizzare le nuove capacità cognitive, e quindi le perdono rapidamente se non sono già adeguatamente consolidate dall'uso. Per evitare queste carenze di ritorno gli allievi sono portati a sviluppare delle abitudini di pensiero, in modo da attivare spontaneamente i nuovi, e più efficaci, processi cognitivi: la loro attivazione è così staccata e resa indipendente dai bisogni estrinseci.

Il quarto sotto-obbiettivo consiste nel produrre processi riflessivi e metacognitivi come risultato del confronto con i successi e con i fallimenti nei compiti proposti dal Programma di Arricchimento Strumentale. Attraverso l'intervento dell'insegnante mediatore, e grazie alle interazioni mediative che avvengono con i compagni durante la discussione sul lavoro svolto con gli strumenti, gli allievi sono portati a riflettere sul proprio comportamento, a chiedersi perché le cose sono andate in un certo modo. La tendenza all'introspezione, e all'inibizione delle risposte impulsive, consente di produrre comportamenti maggiormente adattivi e performance cognitive ottimali, soprattutto permette agli allievi di essere più autonomi nell'apprendimento.

Il quinto sotto-obbiettivo è la creazione di una motivazione intrinseca al compito.

Una forte motivazione contribuisce al raggiungimento della modificazione cognitiva, quindi, al fine di motivare gli allievi, nel Programma di Arricchimento Strumentale si impiegano i seguenti mezzi: in primo luogo la soddisfazione di riuscire in un compito che risulta difficile anche per persone dotate di buon funzionamento cognitivo. Infatti, grazie alla difficoltà crescente degli esercizi, chiunque tenti di svolgere gli ultimi esercizi di uno strumento senza avere prima affrontato quelli iniziali, si troverà davanti ad un compito indubbiamente arduo. Compito che viene però svolto da chi ha imparato a risolvere gli esercizi dall'inizio. La consapevolezza di riuscire a superare una sfida intellettiva impegnativa genera una risposta emotiva molto forte sia nell'allievo sia nel suo ambiente sociale: improvvisamente appaiono evidenti delle capacità che nessuno credeva possibili, così la speranza e l'entusiasmo prendono il posto della rassegnazione. In secondo luogo gli strumenti vengono proposti come fonte di piacere intellettuale: grazie ad essi la persona acquisisce un senso di competenza nuovo, che genera una motivazione intrinseca a proseguire nei compiti intrapresi e a cercarne altri di nuovi e più impegnativi.

Il sesto sotto-obbiettivo consiste nel trasformare l'allievo da recettore e riproduttore di informazioni passivo a produttore attivo di nuove informazioni. Si tratta di un aspetto cruciale del programma. Le persone a basso funzionamento cognitivo tendono ad assumere un ruolo passivo nei processi cognitivi, non si considerano capaci di generare in maniera indipendente nuova conoscenza. Mentre, al fine di migliorare la capacità di apprendere e adattarsi, è importante assumere un ruolo attivo, tanto nella ricerca autonoma di nuove informazioni, quanto nella soluzione dei problemi. In altre parole questo sotto-obbiettivo consiste nel raggiungere un livello adeguato di creatività, virtualmente il livello di creatività più elevato possibile.

1.4.2 gli strumenti del Programma di Arricchimento Strumentale

Ciascuno strumento del programma è rivolto al potenziamento di varie funzioni

cognitive carenti. Quali siano le funzioni bersaglio dipende sia dal modo in cui il mediatore propone lo strumento ai suoi allievi, sia dal tipo di esercizi che compongono le varie unità. In teoria la maggior parte delle funzioni cognitive possono essere modificate attraverso ogni strumento, in pratica è possibile indicare alcune costanti nell'utilizzo del materiale. Ad ogni modo mi rendo conto che la mappa che mi accingo a tracciare del Programma di Arricchimento Strumentale sia in una certa misura arbitraria. Tuttavia quello che mi interessa è individuare quali effetti cognitivi siano verosimilmente generati da ciascuno strumento, pertanto descriverò le unità del programma in maniera originale, senza citare direttamente le descrizioni proposte da Feuerstein e dai suoi collaboratori, che invece hanno enfatizzato gli aspetti didattici dei vari strumenti.

Organizzazione di punti

Gli esercizi che compongono questo strumento consistono nell'identificare e delineare una serie di figure geometriche all'interno di una nube di punti. È un compito che richiede soprattutto capacità spaziali. Organizzazione di punti mette in gioco le funzioni cognitive carenti di: percezione sfuocata e superficiale, in quanto gli esercizi necessitano di non omettere nessuno dei punti, che devono essere tenuti tutti presenti; conservazione delle costanti, in quanto le figure geometriche sono presenti con dimensioni e angolazioni diverse; precisione e accuratezza nella raccolta dei dati, questo strumento richiede infatti di saper dominare la propria impulsività, così da valutare bene le varie possibilità di soluzione; bisogno di comportamento sommativo, i punti vanno raggruppati in diverse figure geometriche costituendone gli angoli, quindi il compito richiede di sommare e dividere opportunamente i punti stessi; proiezione di relazioni virtuali, questo è il target primario dello strumento, che richiede proprio di immaginare delle relazioni geometriche tra gli stimoli dati, rappresentandole come linee che collegano i punti; comportamento di pianificazione, gli esercizi presentano diversi passaggi, da affrontare uno alla volta, per arrivare alla fine è importante imparare a identificare e rispettare i vari passaggi; risposte per tentativi ed errori, provando a risolvere lo strumento per tentativi ed errori si rischia la frustrazione, le combinazioni di relazioni virtuali infatti sono in numero davvero molto alto,

soprattutto nelle parti finali, che richiedono di utilizzare quanto appreso durante gli esercizi precedenti per essere risolte; trasposizione visiva, quando si affronta il materiale prima si immaginano le linee, che possono anche essere numerose, e dopo si tracciano, questo implica la capacità di mantenere in memoria per un certo tempo le immagini mentali.

Percezione analitica

Lo strumento contiene tre tipi di esercizi: suddividere un intero nelle sue parti, identificare, categorizzare e sommare le parti di un intero e costruire interi partendo da parti date.

Anche percezione analitica permette di lavorare su numerose funzioni cognitive carenti: percezione sfuocata e superficiale, identificare le figure richiede una notevole accuratezza e capacità di discriminare; orientamento spaziale, è la funzione maggiormente coinvolta, tutto il materiale richiede un continuo riferimento alle coordinate spaziali; conservazione delle costanti, è altrettanto necessaria al fine di riconoscere gli elementi ricorrenti nelle figure; uso simultaneo di due o più fonti di informazione, viene esercitata grazie ai numerosi confronti incrociati richiesti per identificare e ricostruire le varie parti; comportamento comparativo, è esercitato sempre per via dei confronti tra le varie parti, e con i modelli dati per la valutazione della riuscita del compito; bisogno di comportamento sommativo, è un'altra funzione indispensabile per svolgere i compiti proposti di costruzione di interi a partire da figure parziali; similmente, proiezione di relazioni virtuali viene potenziata attraverso gli esercizi in cui si richiede di aggregare o completare delle figure; comportamento di interiorizzazione, entra in gioco grazie ai modelli di figure che vengono forniti e che vanno interiorizzati, ossia tenuti costantemente presenti; percezione attiva e complessa della realtà, è coinvolta in quanto, date le altre funzioni cognitive in gioco, si raggiunge una maggiore attivazione globale degli allievi nei confronti del compito; trasposizione visiva, essendo anche percezione analitica uno strumento principalmente visuo-spaziale richiede una buona capacità di tenere a mente le configurazioni immaginate.

Immagini

Immagini è uno strumento diverso dagli altri, non viene proposto in maniera sequenziale, piuttosto inserendone delle pagine singole tra quelle di altri strumenti. É costituito da una serie di vignette umoristiche, che rappresentano o qualche errore o delle situazioni leggermente assurde o dei finali ingegnosi e inaspettati. Lo scopo primario dello strumento è di mettere alla prova la funzione: capacità di cogliere l'esistenza di un problema; questa funzione a sua volta coinvolge tutte e cinque le funzioni cognitive nella fase di input, soprattutto precisione e accuratezza nella raccolta dei dati, visto l'importanza dei dettagli nel cogliere le discrepanze; inoltre capacità di distinguere i dati rilevanti da quelli non rilevanti, per via dell'eterogeneità delle situazioni presentate, è anch'essa esercitata tramite questo strumento.

Orientamento spaziale 1 e 2

Si tratta di uno strumento doppio, la prima unità si occupa dell'orientamento relativo al corpo dell'allievo, ossia dei concetti di destra/sinistra e avanti/indietro, mentre la seconda unità introduce i punti cardinali come sistema di riferimento stabile, che viene coordinato al sistema soggettivo presentato nella prima unità. Le funzioni cognitive coinvolte sono: uso simultaneo di due o più fonti di informazione, grazie ad esercizi in cui due coordinate costituiscono la base per trovare una traiettoria; capacità di cogliere l'esistenza di un problema, infatti spesso vi sono delle discrepanze tra diverse figure e le indicazioni verbali; bisogno di prove logiche, in questo strumento vengono introdotti dei simboli per aumentare il livello di astrazione, questo porta ad una necessità di ragionamento logico per valutare il lavoro che si svolge; comportamento di interiorizzazione, sia i quattro punti cardinali che il sistema destra e sinistra vanno memorizzati come prerequisito per la risoluzione dei compiti proposti; comportamento di pianificazione, le prove di orientamento richiedono di riflettere e di procedere verso la risoluzione dell'esercizio un passaggio alla volta; modalità di comunicazione egocentrica, coordinando il riferimento spaziale soggettivo con quello universale si richiede agli allievi di imparare a prendere in considerazione il punto di vista altrui, riducendo quello egocentrico; trasposizione visiva, come tutti gli strumenti con componenti visuo-spaziali, anche orientamento spaziale 1 e 2 attivano questa funzione.

Confronti

Questo strumento propone di trovare le differenze e le somiglianze tra diverse figure, inoltre di disegnare figure per certi aspetti simili e per altri diverse rispetto ai modelli dati.

La funzioni cognitive carenti esercite sono: percezione sfuocata e superficiale, infatti è richiesta molta attenzione nell'esaminare certe figure le cui uniche differenze risiedono in piccoli dettagli; conservazione delle costanti, che è necessaria per lo svolgimento di tutta l'unità, poiché senza la capacità di individuare gli elementi costanti non è possibile risolvere alcun esercizio proposto; funzione di precisione e accuratezza nella raccolta dei dati, è messa in gioco per gli stessi motivi di percezione sfuocata e superficiale; comportamento comparativo spontaneo, è la funzione maggiormente potenziata, l'intero strumento infatti richiede agli allievi di comparare le varie figure, con l'intento di automatizzare il comportamento comparativo, facendolo diventare un'abitudine; ampiezza di campo mentale, questa funzione cognitiva contribuisce alla capacità di discriminare, grazie a conoscenze di diversa natura, infatti non esiste una sola risposta giusta agli esercizi di confronti, chiunque riesca, per via del proprio background culturale, a cogliere delle sfumature che ad altri sfuggono, svolge il compito in maniera ottimale; bisogno di prove logiche, questo strumento richiede agli allievi un buon livello di ragionamento logico, soprattutto di tipo insiemistico; modalità di comunicazione egocentrica, spesso gli allievi colgono differenze e somiglianze, ma non dispongono del linguaggio adeguato per esprimersi, il vocabolario degli allievi, e di conseguenza la loro capacità di comunicazione, possono essere migliorate grazie alle soluzioni aperte degli esercizi.

Relazioni familiari

Relazioni familiari sfrutta l'impatto emotivo delle parentele per attivare le capacità di elaborazione degli allievi. Lo strumento è costituito da una serie di schemi e tabelle, da riempire illustrando i vari tipi di parentele e reciprocità esistenti nelle famiglie.

Dal momento che una persona può essere nello stesso tempo marito, zio, figlio e

via dicendo, imparare a riconoscere tutte le relazioni familiari, deducendo le implicite possibilità che si diramano, richiede ampio uso dei processi di elaborazione. I prerequisiti dell'elaborazione sono le funzioni cognitive di: orientamento temporale e uso simultaneo di due o più fonti di informazione, la capacità di ordinare temporalmente è indispensabile per distinguere l'articolarsi di alcune relazioni familiari e il susseguirsi delle generazioni, inoltre quando si tracciano non solo le proprie relazioni familiari, ma anche quelle dei propri familiari, si usano più fonti di informazione; quest'ultimo aspetto permette di lavorare anche sulla funzione di modalità di comunicazione egocentrica, grazie al fatto che ci si pone dal punto di vista altrui. A livello di elaborazione, le funzioni coinvolte sono: bisogno di comportamento sommativo, che viene usato per raggruppare e distribuire le varie relazioni familiari; proiezione di relazioni virtuali, utilizzato nell'immaginare le possibili diramazioni di rapporti e ruoli nella famiglia; bisogno di prove logiche, entra in gioco quando si chiede di giustificare la plausibilità delle relazioni individuate. Dal punto di vista dell'output si registra una certa tendenza a procedere attraverso risposte per tentativi ed errori, tendenza che il mediatore cerca di contrastare incentivando l'uso di argomentazioni logiche.

Progressioni numeriche

Progressioni numeriche è formata da due tipologie di esercizi: completare delle serie di numeri, capendo quali sono le regole che determinano la progressione di cifre, ed elaborare dei grafici che rappresentino le progressioni. Le funzioni cognitive carenti esercitate sono le seguenti: percezione sfuocata e superficiale, una buona parte degli errori iniziali in questo strumento sono dovuti ad una scarsa attenzione o a percezione confusa, in particolare riguardo ai segni positivo/negativo davanti ai numeri; l'uso simultaneo di due o più fonti di informazione, è attivato in quegli esercizi dove, per completare le progressioni, è necessario tenere in considerazione sia le cifre che precedono, sia quelle che seguono il numero mancante; capacità di distinguere i dati rilevanti da quelli non rilevanti, nella ricerca di una regola per trovare le cifre mancanti è importante che gli allievi non si lascino distrarre dalle varie possibilità iniziali, ma che imparino ad esaminarle ordinatamente e a scartare le false piste; d'altro canto, per individuare

le molteplici potenziali relazioni tra numeri, la funzione di bisogno di comportamento sommativo è indispensabile; mentre proiezione di relazioni virtuali è attivata quando gli allievi abbandonano la tendenza ad applicare le regole che già conoscono, iniziando ad esplorare tutte le possibili soluzioni nuove.

Classificazioni

Questo strumento presenta una serie di figure, che si possono raggruppare in vari modi, in base a criteri scelti dagli allievi stessi. Inoltre richiede, una volta completato il lavoro di suddivisione, di esplicitare i principi secondo cui le figure sono state attribuite a un dato insieme piuttosto che ad un altro. La percezione sfuocata e superficiale è una delle funzioni su cui Classificazioni lavora, in quanto la capacità di cogliere le differenze tra le figure è un prerequisito per poterle suddividere; altro prerequisito è la conservazione delle costanti, senza la quale non sarebbe possibile raggruppare le figure; lo strumento richiede l'uso simultaneo di due o più fonti di informazione, infatti gli esercizi presentano un elevato numero di figure, e sempre categorizzabili in più modi; comportamento comparativo spontaneo è la funzione che entra in gioco nell'esplorare i diversi modi possibili di suddividere e raggruppare le figure; ampiezza di campo mentale è attivata dato che non c'è un limite ai criteri impiegati nelle classificazioni, pertanto qualsiasi conoscenza pregressa porta ad un ampliamento delle possibilità; bisogno di comportamento sommativo e proiezione di relazioni virtuali sono entrambe attivate, in particolare quando gli allievi si rendono conto di poter inserire ciascuna immagine in più insiemi contemporaneamente, e quindi iniziano a tenere presenti anche le relazioni tra i gruppi, non solo tra le singole figure, classificando e riclassificando le medesime figure, questo implica un superamento della visione frammentaria della realtà; comportamento di interiorizzazione è esercitato dal fatto che gli allievi si impadroniscono del concetto di categoria; infine, Classificazioni si rivolge alla funzione di modalità di comunicazione egocentrica attraverso il compito di rendere verbalmente espliciti i criteri secondo cui sono state operate le classificazioni.

Sillogismi

Attraverso Sillogismi gli allievi allenano i processi di deduzione. Sillogismi fa abbondante uso sia dei simboli della logica formale, sia delle figure geometriche con cui gli allievi hanno preso confidenza grazie alle unità precedenti, così da fungere da ponte tra processi di natura principalmente visiva e ragionamenti verbali. Conservazione delle costanti, vista l'elevata simbolicità e astrattezza dei compiti, è una funzione data per acquisita da questo strumento; uso simultaneo di due o più fonti di informazione è attivato costantemente, soprattutto dagli ultimi esercizi che richiedono il concatenarsi di diverse deduzioni per inferire le varie incognite, costituite dalle conclusioni lasciate in bianco in modo che siano gli allievi a trarle; ampiezza di campo mentale, viene potenziata da sillogismi che, più degli altri strumenti, mira ad insegnare agli allievi come organizzare il sapere in enunciati, e ad utilizzare tali enunciati per produrre ulteriore conoscenza; proiezione di relazioni virtuali è attivato quando gli allievi esplorano le varie possibilità nel trarre le conclusioni; bisogno di prove logiche è costantemente esercitato dallo strumento, che richiede sempre un argomentazione per comprovare il lavoro svolto; il comportamento di interiorizzazione è attivato sia in quanto gli allievi consolidano il concetto di insieme, sia perché imparano le operazioni fondamentali della logica, ed infine perché si appropriano dei concetti di insiemi mutualmente esclusivi e di generalizzazioni eccessive che generano stereotipi; il comportamento di pianificazione viene esercitato attraverso i materiali che presentano numerose incognite, e pertanto richiedono di procedere secondo una sequenza ben determinata per trovare le prime incognite da utilizzare a loro volta come premesse per trovare ulteriori incognite.

Istruzioni

Consiste nel leggere una consegna ed eseguirla, dunque i fattori verbali hanno un ruolo di primo piano, ma, essendo presenti delle figure geometriche negli esercizi, anche i processi spaziali sono coinvolti. Lo strumento è volto a consolidare le funzioni esercitate tramite le altre unità. Le principali funzioni cognitive direttamente attivate sono: percezione attiva e complessa della realtà, in quanto funzione di sintesi; la carenza emozionale di blocco, che in generale è risolta grazie all'entusiasmo e alla elevata motivazione generati dal Programma di

Arricchimento Strumentale, viene messa alla prova da Istruzioni, che più degli altri strumenti somiglia ai compiti regolarmente assegnati a scuola; le risposte per tentativi ed errori sono invece disincentivate attraverso la mediazione dell'insegnante.

Relazioni temporali

Lo strumento Relazioni temporali non è organizzato per livelli di difficoltà crescenti, consiste in una serie di esercizi mirati a rendere gli allievi capaci di organizzare le esperienze in base al tempo. Le funzioni cognitive carenti su cui lavora sono: orientamento temporale e spaziale, è lo scopo primario dello strumento che mette gli allievi davanti a relazioni di causa-effetto, ed esplora anche il concetto di velocità intesa come relazione spazio-temporale; uso simultaneo di due o più fonti di informazione, è attivato dai compiti che richiedono di accostare eventi della propria vita con eventi esterni e storici accaduti nel medesimo periodo, oppure di mettere in relazione eventi passati e futuri; ampiezza di campo mentale, è una conseguenza della ristrutturazione dell'esperienza e dell'ampliamento di prospettiva dovuto ad una maggiore consapevolezza di passato e futuro; proiezione di relazioni virtuali, viene attivato dagli esercizi che richiedono di individuare i possibili rapporti di causa-effetto; il comportamento di interiorizzazione entra in gioco fin dalle prime pagine dello strumento, volte ad insegnare agli allievi il significato delle unità temporali come secondi, settimane, anni e via dicendo; infine, attraverso alcuni esercizi che affrontano direttamente l'aspetto soggettivo del tempo e lo confrontano con un sistema di misura oggettivo, Relazioni temporali lavora anche su modalità di comunicazione egocentrica.

Relazioni transitive

Come Sillogismi, anche questo strumento riguarda il ragionamento logico, la capacità di dedurre nuove informazioni. Relazioni transitive utilizza sia il linguaggio matematico, si tratta comunque di simboli e operazioni elementari, sia il linguaggio verbale. Lo strumento richiede di risolvere una serie di problemi, e in tal modo vengono potenziati: distinguere i dati rilevanti da quelli non rilevanti, poiché i problemi richiedono di concentrarsi sulle parole chiave, ignorando i particolari non

utili a trovare la soluzione; comportamento comparativo spontaneo, bisogno di comportamento sommativo e proiezione di relazioni virtuali sono le tre funzioni cognitive maggiormente attivate: ogni esercizio richiede di confrontare i dati, ipotizzare relazioni e confrontarle tra loro, al fine di dedurre tutte le informazioni possibili; il comportamento di interiorizzazione è presente in quanto gli allievi sono portati a confrontarsi con i concetti di maggiore, minore e uguale, con gli insiemi ordinati e con i segni matematici; il comportamento di pianificazione viene coinvolto in quanto per trovare la soluzione ai problemi è necessario procedere con ordine, cercando prima di inferire le informazioni direttamente deducibili dai dati di partenza, e in seguito utilizzare quanto si è inferito per raggiungere la soluzione; considerato quanto detto sin qui risulta evidente che la percezione attiva e complessa della realtà, in qualità di funzione di sintesi, risulta anch'essa esercitata dallo strumento.

Sagome

Sagome rappresenta un livello progredito del Programma di Arricchimento Strumentale: dà la possibilità di usare le funzioni esercitate tramite altri strumenti, proponendo agli allievi situazioni di notevole complessità. I compiti consistono nel costruire mentalmente delle figure identiche ad un modello dato, gli allievi riproducono i modelli usando delle sagome, senza manipolarle, ma indicando la posizione e l'ordine secondo cui tali sagome devono essere disposte per ottenere un'immagine identica al modello. Pur essendo uno strumento atto a consolidare il lavoro svolto con altre unità, Sagome coinvolge: percezione sfuocata e superficiale, in quanto una buona attenzione ed una efficiente capacità di discriminare sono indispensabili per distinguere i dettagli delle numerose sagome, che a volte sono piuttosto simili tra loro; l'orientamento temporale e spaziale viene attivato da tutti gli esercizi, che richiedono di saper organizzare le sagome non solo spazialmente ma anche in base all'ordine secondo cui vanno sovrapposte; conservazione delle costanti, che è necessaria per essere in grado di ripetere con esattezza le immagini modello; il bisogno di prove logiche è esercitato perché agli allievi viene chiesto di giustificare il proprio operato ed eventualmente di discutere le cause degli errori; comportamento di pianificazione è attivato in quanto, per

poter ricostruire le figure, le sagome devono essere disposte secondo un giusto ordine, e quindi il compito va studiato nei vari passaggi; trasposizione visiva viene costantemente utilizzata vista la natura del compito, che implica la capacità di mantenere in memoria le configurazioni, alcune molto complesse, delle sagome; infine, blocco è una carenza verso cui questo strumento può risultare molto utile, infatti la motivazione degli allievi è altissima nell'eseguire Sagome, perché si tratta di un compito difficile anche per gli insegnanti, che dunque costituisce una sfida intellettiva. L'entusiasmo generato dallo scoprirsi in grado di risolvere compiti tanto complessi rimane bene impresso nella mente di quegli allievi che erano sempre stati considerati meno capaci degli altri.

Dall'esame delle singole unità emerge una matrice che incrocia le funzioni cognitive e gli strumenti. Questa ipotetica griglia concettuale può essere impiegata come base per degli studi, molto più analitici di quelli svolti fino ad ora, sugli effetti cognitivi del Programma di Arricchimento Strumentale. Come dicevo all'inizio del paragrafo, si tratta di una matrice in buona misura arbitraria: ogni mediatore potrebbe produrne una versione parzialmente differente. In realtà sarebbe una buona cosa se ciascun insegnante che utilizza il programma di Feuerstein, e che sia interessato a fare ricerca, sviluppasse un simile apparato. Infatti, grazie ad una maggiore analiticità, che consente di esaminare per ogni funzione i cambiamenti cognitivi indotti da ciascuno strumento, si potrebbero effettuare prima degli studi idiografici indipendenti tra loro e in seguito metterli a confronto, così da valutare se il materiale stesso del programma produce degli effetti costanti, o se gli effetti sulla modificabilità cognitiva sono dovuti ad altre variabili. Tornerò sulle carenze degli studi sui rapporti tra Programma di Arricchimento Strumentale e Modificabilità Cognitiva Strutturale nel terzo capitolo. Ora dedico un paragrafo ad un aspetto essenziale del pensiero di Feuerstein, che purtroppo viene spesso sottovalutato.

1.5 le radici ebraiche del pensiero di Feuerstein

Fino a qui ho presentato in maniera sintetica il pensiero di Feuerstein, mettendone in luce le caratteristiche e le debolezze. Prima di passare all'esame della letteratura neuroscientifica, voglio fare un salto indietro: indicare da dove Feuerstein abbia tratto ispirazione per costruire le proprie idee.

Basandosi sulla letteratura pedagogica, si nota come Feuerstein sia fortemente debitore di Vygotskij e di Piaget. Riprendendo quest'ultimo, Feuerstein considera l'interazione tra individuo e ambiente come la fonte della conoscenza, allo stesso modo fa proprie le idee piagetiane sull'intelligenza. Tuttavia tralascia l'idea che lo sviluppo individuale sia una precondizione dell'apprendimento, e non si preoccupa degli stadi dello sviluppo cognitivo, invece si allinea a Vygotskij, facendo proprio il concetto di zona di sviluppo prossimale. Feuerstein non si cura affatto delle discrepanze tra i suoi due autori di riferimento, al contrario arriva parlare di trasmissione culturale in relazione alle funzioni cognitive, pur ritenendo di basare il proprio lavoro sulle concezioni piagetiane. Dopo aver esaminato in maniera estensiva gli scritti di Feuerstein e averne colto i collegamenti alla tradizione culturale ebraica, sono giunto a pensare che i riferimenti a Piaget e Vygotskij costituiscano solo la superficie delle concezioni di Feuerstein. Il nucleo del suo pensiero è tratto dal giudaismo. Feuerstein ha sfruttato la pedagogia occidentale per modernizzare delle idee antiche, in modo da poterle più agevolmente introdurre nell'ambiente culturale e accademico della seconda metà del novecento.

Forse il modo migliore per capire gli sforzi di Reuven Feuerstein è relazionarli al contesto sociale e politico in cui ebbero luogo. In seguito alla seconda guerra mondiale, lo stato di Israele dovette organizzare un sistema di educazione rivolto a bambini appartenenti a culture molto diverse, oppure a giovani che, a causa di eventi tragici, non avevano alcuna radice culturale e memoria del passato. Riguardo ai ragazzi giunti in Israele subito dopo la guerra, Shmuel Feuerstein[29]

29 Fratello di Reuven ed egli stesso importante educatore, che ha contribuito direttamente al dibattito sull'organizzazione di un sistema scolastico in Israele, e quindi ha vissuto in prima persona il problema dell'integrazione di quei ragazzi nella nuova società ebraica

afferma: “Questa generazione ha inoltre sofferto di una completa mancanza di fiducia nei valori sociali del passato, perché quei valori non avevano prevenuto la decadenza morale del loro tempo. Sentii che l'obbiettivo primario dell'educazione di questi bambini fosse ricostruire la loro fiducia nell'umanità e nel loro futuro.” [2002 p17]. Per raggiungere questo obbiettivo Shmuel e Reuven Feuerstein ritennero che fosse essenziale ricucire lo strappo culturale, mettere i ragazzi a contatto con le culture di provenienza. Quindi non di educare tutti gli allievi secondo la cultura ebraica europea, in genere considerata la più avanzata, ma formando e rinforzando i legami con ogni retroterra culturale a cui gli allievi potessero appartenere. L'atteggiamento dei Feuerstein rispecchia una caratteristica chiave del pensiero ebraico, l'importanza della trasmissione culturale: “Ai genitori incombeva l'obbligo precipuo di educare i loro figli a vivere come membri della Comunità d' Israel. Si perseguiva l'ideale di fare di essi solidi anelli della catena ininterrotta attraverso la quale il patrimonio religioso ereditato dalle passate generazioni si trasmettesse intatto a quelle avvenire.” [Cohen 2003 pp 214-215]

Nelle prossime righe mi porrò dal punto di vista del credente. L'Ebraismo è rivelato da Dio, attraverso Mosè e gli altri profeti. In quest'ottica la Torah[30], il testo sacro per eccellenza, è il fulcro dell'educazione. Quindi educare significa trasmettere gli insegnamenti di Dio, che portano il Suo popolo a prosperare, oppure ad essere castigato e distrutto qualora tali insegnamenti vengano abbandonati. La trasmissione culturale è vista come un comandamento religioso, pertanto la cultura ebraica ha investito molto nella trasmissione di saperi tra generazioni diverse. Il fatto che vi sia trasmissione non può essere messo in dubbio all'interno di questo contesto, inoltre la cultura da tenere viva rappresenta un patrimonio speciale. I due concetti complementari di Messira, trasmissione, e Kabbala, ricezione, elaborati dalla tradizione rabbinica, sono le linee guida del lavoro di Feuerstein. L'educazione, che parte dallo studio della Torah, è guidata dai maestri considerati “i custodi della cittadella del Giudaismo” [Cohen 2003 p218], e consente di tendere a Dio: “L'imitazione di Dio è prospettata, nella letteratura rabbinica, come l'ideale cui l'uomo deve tendere. Dio è l'archetipo su cui modellare

che si andava costituendo.

30 Non a caso il termine Torah è traducibile con: insegnamento, istruzione.

la vita umana. In Lui emergono le qualità che dovrebbero dominare nella condotta umana.” [Cohen 2003 p257]. Dal concetto di Kabbala Feuerstein trae da un lato la fiducia nel miglioramento delle qualità umane, dall'altro la considerazione della cultura ebraica come fonte di tale miglioramento. Per questo vede nella deprivazione culturale la causa di tanti deficit a livello cognitivo. Inizialmente i suoi sforzi erano mirati al recupero delle carenze culturali, solo dopo ha esteso il suo intervento ad altri tipi di difficoltà, quali per esempio autismo o sindrome di Down. Tuttavia ha sempre sottolineando come la maggior parte dei bambini con condizioni che determinano delle difficoltà cognitive non abbiano ricevuto una trasmissione culturale adeguata, e siano pertanto stati privati degli strumenti cognitivi che la cultura può dare. In pratica non si sono concesse loro le condizioni di apprendimento date agli altri, quindi questi bambini svantaggiati non hanno mai potuto dimostrare le proprie potenzialità di apprendimento.

Si tenga conto che i tre parametri universali della mediazione, ossia intenzionalità/reciprocità, trascendenza e mediazione del significato, sono caratteristici dell'insegnamento della Torah. In particolare Mosè Maimonide[31] nel Mishneh Torah mette bene in chiaro che il comandamento di studiare la Torah non si riduce ad una semplice ripetizione per mandare a memoria, piuttosto è un ampio processo di attività mentali grazie al quale lo studente arricchisce la sua capacità di pensiero. Un'ulteriore somiglianza tra le nozioni di mediazione e di modificabilità cognitiva e il pensiero di Maimonide si trova nel Talmud Torah[32], dove Maimonide illustra il significato della Gemara, ossia della parte dello studio della Torah rivolto “ad acquistare intuizione, a capire le implicazioni di ciò che è inizialmente dato, a dedurre una cosa da un'altra, a comparare una cosa con un'altra e a capire i principi secondo i quali la Torah è interpretata” [Talmud Torah cap1, par11]. Un terzo del tempo di studio, secondo Maimonide, era da dedicare a questo sforzo di pensiero, che richiedeva di porre domande a sé stessi e ai propri maestri, e di sforzarsi a trovare risposte comprovandole con riferimenti testuali e con ragionamenti logici. La Gemara è un lavoro collaborativo volto a produrre

31 Importantissimo rabbino, filosofo e medico del XII secolo. Esercitò una profonda influenza sulla dottrina ebraica.

32 Talmud Torah si traduce con studio della Torah, costituisce la terza sessione del primo libro che compone il Mishneh Torah.

nuova conoscenza, che porta ad ampliare la mente e guadagnare saggezza.

Da quanto ho esposto in questo paragrafo, risulta evidente quanto l'Ebraismo, e in particolare il pensiero rabbinico, abbia contribuito alle idee di modificabilità cognitiva e di mediazione. Considerata la profonda adesione di Feuerstein all'identità ebraica, mi sembra che egli abbia utilizzato i lavori di Piaget e Vygotskij per giustificare le convinzioni che derivano dalla sua fede. Proprio questa caratteristica, la totale fiducia nel proprio lavoro, deriva in Feuerstein dalla fede religiosa. L'atteggiamento di incrollabile fiducia e speranza ha avuto per Feuerstein un ruolo fondamentale fin dall'inizio, quindi tralasciarne l'aspetto fideistico significa non comprendere appieno il suo pensiero. Tuttavia la fede che sta alla base di tutto il lavoro di Feuerstein costituisce una debolezza epistemologica: non fornisce argomentazioni, non corrobora empiricamente, al contrario ha portato Feuerstein ad utilizzare con molta disinvoltura le teorie di Piaget e Vygotskij, pur di tradurre le sue convinzioni all'interno delle scienze dell'educazione.

Di fatto sia la Modificabilità Cognitiva Strutturale sia l'Esperienza di Apprendimento Mediato hanno tutt'ora necessità di trovare delle basi epistemologiche solide. Visti gli sviluppi verificatisi nello studio del cervello, un campo che è avanzato molto rispetto a quando Feuerstein propose le sue teorie, è del tutto logico cercare le nuove basi epistemologiche attraverso le neuroscienze cognitive, come mi accingo ad illustrare nel prossimo capitolo.

Capitolo 2
Le neuroscienze tra apprendimento e cognizione

Il presente capitolo è volto ad esplicitare la posizione epistemologica alla base del mio lavoro. Le riflessioni che propongo vanno situate all'interno del processo critico-ricostruttivo in cui sono coinvolte le scienze della formazione, processo che vede la pedagogia impegnata nella revisione del proprio statuto di scienza che pensa e progetta la formazione [Fabbroni, Pinto Minerva 2003]. Concepisco quale base epistemologica della ricerca su apprendimento ed educazione una teoria della modificabilità umana che affonda le radici nelle neuroscienze cognitive: solo disponendo di un'approfondita conoscenza dei meccanismi dell'apprendere è possibile elaborare una vera e propria scienza dell'educazione.

L'idea fondamentale è che l'apprendimento risieda nelle possibilità di ciascun individuo di modificarsi attraverso il proprio agire. In particolare. l'apprendimento risiede nella capacità del cervello di reagire in maniera adattiva all'ambiente alterando le proprie strutture, e quindi modificando il comportamento e le facoltà cognitive. Da questa concezione deriva il superamento del dualismo natura-cultura.

La ricerca sull'apprendimento consiste nel valutare cosa provochino le esperienze educative nel cervello e nella mente, in modo da rintracciarne le costanti.

Caratteristica insita in questo tipo di ricerca è studiare il fenomeno dell'apprendimento in maniera interdisciplinare, facendo dialogare pedagogia, scienze cognitive e neuroscienze. Il fine ultimo di tale dialogo è di produrre una teoria in grado di rendere conto dell'apprendimento umano, ovvero un modello delle proprietà biologicamente necessarie ad apprendere, ossia di quei dispositivi che qualificano l'apprendimento.

2.1 la neurobiologia dell'apprendimento

Scopo di questo paragrafo è introdurre le scoperte e gli studi neuroscientifici che saranno usati come strumenti interpretativi per rileggere il pensiero di Feuerstein.
Le neuroscienze hanno prodotto una letteratura molto vasta, tuttavia presentano alcuni assunti fondanti, una serie di affermazioni condivise dalla comunità neuroscientifica, che ormai fanno parte delle conoscenze di base. Rifacendomi a Neuroscience Core Concepts, pubblicazione online a cura della Society for Neuroscience, ora proporrò nel linguaggio più semplice[33] di cui sono capace questi assunti fondanti delle neuroscienze.
Lo scopo primario delle neuroscienze è capire come i gruppi di neuroni interagiscono per creare il comportamento. I neuroscienziati studiano l'azione di molecole, geni e cellule, inoltre esplorano le complesse interazioni coinvolte nel movimento, nella percezione, nel pensiero, nelle emozioni, nell'apprendimento.
Il mattone fondamentale che costituisce il sistema nervoso è la singola cellula nervosa, il neurone. I neuroni si scambiano informazioni inviandosi segnali elettrici e sostanze chimiche attraverso delle connessioni dette sinapsi. Il sistema nervoso controlla le funzioni corporee, risponde agli stimoli provenienti dall'esterno e dall'interno del corpo e dirige il comportamento. I neuroni comunicano tra loro formando dei gruppi che si scambiano un flusso enorme di segnali, il normale funzionamento del sistema nervoso richiede l'azione coordinata di neuroni in diverse aree del cervello. Il sistema nervoso influenza ed è influenzato da tutti gli altri sistemi del corpo (cardiovascolare, endocrino, gastrointestinale, immunitario, respiratorio), gli esseri umani hanno un sistema nervoso complesso che si è evoluto a strati, al centro le parti più antiche, all'esterno quelle recenti coinvolte nelle capacità tipicamente umane come ragionamento, pianificazione e linguaggio.
I neuroni comunicano tra loro usando sia segnali elettrici sia segnali chimici: gli stimoli sensoriali sono convertiti in segnali elettrici, detti anche potenziali d'azione, che vengono scambiati da un neurone ad un altro, le sinapsi sono i punti di giunzione elettrici o chimici che consentono ai segnali di passare da un neurone

33 Alcune conoscenze di biologia e chimica sono comunque date per scontate.

ad un altro. I segnali elettrici diretti ai muscoli causano la contrazione e il movimento, i cambiamenti nell'attività delle sinapsi modificano le nostre azioni. La comunicazione tra neuroni è rafforzata o indebolita dalle attività che facciamo, come lo studio o l'esercizio. In sintesi tutti i pensieri, le percezioni e i comportamenti sono il risultato di combinazioni di segnali tra neuroni.

La struttura e le funzioni del sistema nervoso sono determinate sia dai geni sia dall'ambiente e dalle esperienze lungo il corso della vita: circuiti geneticamente determinati sono il fondamento del sistema nervoso, i circuiti neurali sono formati dalla programmazione genetica durante lo sviluppo embrionale, e modificati attraverso l'interazione con l'ambiente interno ed esterno. I circuiti sensoriali (vista, udito, tatto, gusto, olfatto) portano segnali dall'esterno al sistema nervoso, invece i circuiti motori portano segnali dal sistema nervoso all'esterno verso muscoli e ghiandole. Il più semplice dei circuiti è il riflesso, ossia quando uno stimolo esterno innesca una risposta motoria predeterminata, invece risposte complesse avvengono quando il cervello integra segnali provenienti da diversi circuiti neurali, generando una nuova risposta, non predeterminata. Interazioni semplici e complesse tra neuroni avvengono in tempi che vanno da pochi millesimi di secondo (per esempio schiacciare un pulsante) a mesi (per esempio apprendere una nuova lingua). Il cervello è organizzato in modo da riconoscere sensazioni, iniziare comportamenti, e ritenere memorie che possono durare tutta la vita.

Le esperienze di vita modificano il sistema nervoso, le differenze individuali, che rendono ciascun individuo diverso da tutti gli altri, sono dovute ad una combinazione di fattori genetici e ambientali. La maggior parte dei neuroni sono generati durante le primissime fasi dello sviluppo, e rimangono in funzione per tutta la vita. Il cervello ha una notevole capacita di recuperare le proprie funzioni anche dopo aver subito lesioni o malattie: impegnare continuamente il proprio cervello con attività mentali, fisiche e sociali porta a mantenere o migliorare la sua struttura e le sue funzioni. Anche la morte neuronale è una naturale componente della crescita, inoltre il corpo genera un certo numero di neuroni costantemente durante tutte le fasi della vita, la produzione è regolata dagli ormoni e dalla storia individuale di ogni persona.

Il cervello è il fondamento della mente: l'intelligenza, il pensiero, l'emozione

emergono dall'attività del cervello, che crea una realtà dotata di senso integrando gli stimoli sensoriali, le emozioni, gli istinti e i ricordi. Le emozioni costituiscono il sistema di giudizio del nostro cervello, esse ci permettono di valutare oggetti ed eventi, e si manifestano attraverso i sentimenti, alcuni semplici come la rabbia, altri complessi come l'empatia. Il cervello impara dall'esperienza e fa predizioni riguardo a quali siano le azioni più adatte in risposta a situazioni presenti o future. La coscienza corrisponde ad una normale attività del cervello, consiste nella convergenza tra attenzione e memoria [Crick, Koch 1998], la sua funzione biologica è monitorare i nostri comportamenti.
Per quanto riguarda la cognizione e l'apprendimento, gli esseri umani sono in grado, sfruttando la capacita simbolica del linguaggio, di espandere i limiti della cognizione oltre quelli di qualunque altra specie animale. La cognizione è costituita dai processi attraverso i quali un organismo guadagna conoscenza, o diventa consapevole di eventi o oggetti presenti nel suo ambiente. In altre parole consiste nell'abilità del cervello di modificare le connessioni neurali per affrontare in maniera più efficace nuove circostanze, tale plasticità cerebrale forma la base biologica dell'apprendimento e della memoria.

2.1.1 l'evoluzione degli studi

Per introdurre il tema della ricerca neurocognitiva adotterò una prospettiva storica. Inizierò ricostruendo l'intreccio di ricerche neurofisiologiche su apprendimento e memoria, dal quale emersero gli studi che costituiscono le basi delle attuali neuroscienze cognitive. Ho scelto di focalizzare l'attenzione sui lavori pubblicati durante gli anni in cui Feuerstein si formò accademicamente ed elaborò le proprie idee. Questa scelta è dovuta al fatto che buona parte di questi studi apparsi a partire degli anni quaranta del secolo scorso, in particolare le ipotesi di Hebb, non escludono affatto la possibilità della modificabilità cognitiva, invece forniscono elementi, seppur contrastanti, che possono andare a suo sostegno.
Nel 1940 Hilgard e Marquis pubblicarono *Conditioning and Learning*, un testo in

cui sintetizzarono e criticarono gli studi sull'apprendimento svolti nei decenni precedenti. L'ultimo capitolo esamina la teoria di Pavlov sul ruolo della corteccia cerebrale durante il condizionamento. Hilgard e Marquis mettono in relazione gli studi di Pavlov sui riflessi condizionati con le ricerche sulla localizzazione anatomica delle funzioni cerebrali e con delle speculazioni sulla natura delle modificazioni sinaptiche[34]. I concetti fondamentali nella teoria fisiologica di Pavlov sono l'eccitazione e l'inibizione, concepiti come stati o processi localizzati nella corteccia cerebrale. Hilgard e Marquis muovono una critica metodologica a Pavlov: le affermazioni sulla fisiologia corticale dovrebbero essere basate su misure dirette del funzionamento del cervello, mentre i concetti Pavloviani di eccitazione e inibizione sono puramente inferenziali, non sono sostenuti da un'adeguata sperimentazione. Questa critica portò Hilgard e Marquis ad interrogarsi su dove esattamente, all'interno del sistema nervoso, avvenga il condizionamento. Basandosi su studi che combinavano addestramento e lesioni[35] localizzate sulla corteccia, raggiunsero la conclusione, non definitiva, che potesse esistere un'area associativa nel cervello, grazie alla quale stimoli incondizionati e stimoli neutri potessero associarsi dando origine a risposte condizionate.

Il secondo problema che Hilgard e Marquis si posero fu su come avvenisse il condizionamento a livello fisiologico: quali modificazioni cerebrali avvengono quando si osserva il fenomeno comportamentale di condizionamento? Hilgard e Marquis ipotizzarono di trovare una risposta nelle ricerche che tentavano di rintracciare i cambiamenti che si verificano a livello sinaptico durante il condizionamento. Per quanto fosse troppo presto per individuare di preciso la natura di tali cambiamenti, le ricerche di Hilgard e Marquis puntavano nella giusta

---

34 Le sinapsi sono i punti di contatto tra le cellule cerebrali. Attraverso le sinapsi i neuroni, che sono le cellule cerebrali coinvolte nei processi cognitivi, formano delle reti che attivandosi a cascata consentono l'attività mentale. Nel 1940 non era ancora chiaro, ma la modificabilità sinaptica è cruciale per l'apprendimento ed il pensiero.

35 Il metodo della lesione è stato molto importante in neuroscienze: si esaminano i deficit di comportamento in organismi che hanno subito una lesione cerebrale, quindi si inferisce la funzione dell'area lesionata. Addestrando animali da laboratorio che presentano delle lesioni cerebrali, e confrontando le loro capacità di apprendere con quelle di animali sani, è possibile comprendere il ruolo che la parte di cervello lesionata gioca nell'apprendimento. Per fortuna le più moderne tecniche di osservazione dell'attività cerebrale dal vivo hanno reso sempre meno utilizzato il metodo della lesione.

direzione, ed ebbero il merito di far dialogare la psicologia dell'apprendimento con la neurofisiologia. Pur rappresentando un lavoro costitutivo delle neuroscienze cognitive, gli studi di Hilgard e Marquis hanno il limite di essere legati alla teoria dell'apprendimento comportamentista che dominava la psicologia americana in quel periodo. Appare evidente l'influenza di Thorndike, Watson e Guthrie su questi primi tentativi di tenere assieme neurofisiologia e psicologia dell'apprendimento, inoltre Hilgard e Marquis studiarono l'addestramento di animali da laboratorio, senza occuparsi direttamente di apprendimento umano, linguistico, e non toccarono mai la sfera educativa.

Un successivo passo avanti nella ricerca sull'apprendimento fu compiuto da Donald Hebb. La sua monografia del 1949 *The Organization of Behavior* è stata uno dei testi più influenti del XX secolo nel campo delle neuroscienze: una buona parte della ricerca neuroscientifica contemporanea si occupa delle proprietà di quelle che adesso vengono chiamate sinapsi Hebbiane. Egli ipotizzò che l'apprendimento e la memoria dipendessero da cambiamenti sinaptici. Interessante notare come Hebb si rifece ai *Principles of psychology* di William James, l'ipotesi hebbiana assomiglia molto alla formulazione di James: “Quando due processi cerebrali elementari sono attivi assieme o in immediata successione, uno di loro, in maniera ricorrente, tende a propagare la sua eccitazione all'altro” [James 1890 p566]. Mentre la regola di Hebb afferma: “Quando l'assone di una cellula A è abbastanza vicino alla cellula B da contribuire ripetutamente e in maniera duratura alla sua eccitazione, allora ha luogo in entrambi i neuroni un processo di crescita o di cambiamento metabolico tale per cui l'efficacia di A nell'eccitare B viene accresciuta”, ovvero “che ogni due cellule o sistemi di cellule che sono ripetutamente attivati nello stesso tempo tenderanno a diventare «associate», così che l'attività in una faciliti l'attività nell'altra” [Hebb 1949 p70].

In pratica Hebb ipotizzò l'esistenza di una plasticità cerebrale dipendente dall'uso: un cervello in grado di modificarsi, con conseguente modificazione del comportamento, in funzione della propria attività cerebrale, concepita come esperienza seguendo l'idea di James. Tale plasticità sarebbe stata in grado di spiegare non solo le modificazioni del comportamento dovute al condizionamento, ma anche forme di apprendimento più complesse. L'idea di modificabilità sinaptica

dovuta all'esperienza apriva possibilità di ricerca nuove, che hanno portato agli studi sui rapporti tra neuroplasticità e cognizione, di cui parlerò nel prossimo paragrafo.

L'ipotesi di Hebb era difficilmente dimostrabile. Le prime conferme empiriche giunsero a partire dagli anni sessanta, quando due programmi sperimentali dimostrarono che il cervello può essere alterato in maniera misurabile attraverso l'esperienza e l'addestramento. Un gruppo di psicologi di Berkeley stabilì che sia l'addestramento sia l'esposizione a diversi tipi di ambiente conducono a cambiamenti misurabili nella neurochimica e nella neuroanatomia dei roditori [Krech, Rosenzweig, Bennett 1960; Rosenzweig, Bennett, Krech 1964]. Mentre i neurofisiologi Hubel e Wiesel dimostrarono che l'occlusione dell'occhio di un cucciolo di gatto porta ad una riduzione nel numero delle cellule corticali rispondenti a tale occhio [Hubel, Wiesel 1965].

Il gruppo di Berkeley iniziò ad approfondire le ricerche sulla plasticità cerebrale durante gli anni cinquanta, quando scoprirono la correlazione tra i livelli di attività dell'enzima acetilcolinesterasi nella corteccia e l'abilità di risolvere problemi spaziali nei roditori. Notarono che l'attività dell'acetilcolinesterasi era maggiore nei gruppi di topi da laboratorio che erano stati addestrati e sottoposti ripetutamente a test spaziali difficili: sembrava che l'addestramento potesse alterare l'attività dell'acetilcolinesterasi nella corteccia. Dal momento che addestrare e sottoporre i topi a test di problem-solving è costoso sia in termini di tempo che di denaro, i ricercatori decisero di allevare gli animali in ambienti diversi: un ambiente arricchito, 10-12 animali assieme con numerosi oggetti cambiati di frequente, un ambiente standard, con 3 animali in una normale gabbietta, e un ambiente impoverito, con un solo animale in isolamento e senza alcuna stimolazione. I ricercatori trovarono che non solo l'attività dell'acetilcolinesterasi nella corteccia dei topi vissuti in ambiente arricchito era maggiore, ma perfino che alcune aree della neocorteccia erano aumentate di peso. Questa, per gli psicologi, fu la prova che l'esperienza[36] produce cambiamenti misurabili nel cervello. Inoltre queste differenze non erano uniformemente distribuite sulla corteccia: erano quasi

36 Certo qui il termine esperienza non è usato con sfumature filosofiche, e si era molto distanti da poter estendere i risultati ottenuti sui topi anche agli esseri umani, tuttavia si tratta di studi senza i quali le neuroscienze cognitive non esisterebbero.

invariabilmente maggiori nella corteccia occipitale, e presenti, in maniera meno pronunciata, anche nelle aree somatosensitive adiacenti all'area occipitale. Pertanto l'esperienza non causava nel cervello una crescita indifferenziata, e le ricerche per localizzare con precisione queste modificazioni cerebrali indotte dall'ambiente arricchito andarono avanti fino a tutti gli anni ottanta. Parallelamente si sviluppò una linea di ricerca volta a definire il tipo di modificazioni: spessore corticale, grandezza dei neuroni, aumento del numero dei dendriti e delle sinapsi per neurone, qualunque cambiamento in grado di incrementare il volume e le interconnessioni corticali.

Una seconda prova della plasticità neurale fu fornita dagli studi di Hubel e Wiesel, i quali a metà degli anni sessanta dimostrarono che deprivando di luce un occhio di un animale giovane, a partire cioè dall'età in cui l'occhio si aprirebbe, si riduce il numero di neuroni nell'area cerebrale attivata dalla stimolazione di tale occhio. Questa seconda dimostrazione è stata maggiormente influente della prima, in quanto i cambiamenti indotti dall'occlusione di un occhio sono molto più incisivi e circoscritti rispetto a quelli di un trattamento assai più blando, come far vivere l'animale in un ambiente arricchito. Tuttavia, dal momento che la diminuzione di neuroni nell'area visiva si registrava solo in seguito alla chiusura dell'occhio di un animale giovane, ancora in fase di sviluppo, mentre lo stesso trattamento in animali adulti non aveva alcun effetto sulle cortecce, il lavoro di Hubel e Wiesel convinse molti neurobiologi che le connessioni neurali del cervello adulto sono fisse e non cambiano in seguito all'esperienza. Al contrario, il gruppo di psicologi di Berkeley aveva sottoposto ad ambiente arricchito anche topi di 285 di età, ossia completamente adulti, ottenendo degli effetti cerebrali simili, anche se meno rapidi, a quelli ottenuti con topi di 25 giorni di età [Rosenzweig, Bennett, Krech 1964].

In realtà, l'ipotesi che i processi di crescita coinvolti nello sviluppo del cervello persistessero nell'adulto assumendo funzioni di apprendimento e memoria, era stata articolata da Ramon y Cajal durante l'ultimo decennio del XIX secolo. Tuttavia durante gli anni sessanta e settanta del secolo scorso non godette di particolare fama. Questo si riflette in un articolo di Sperry [1963], il quale affermava che le connessioni nel cervello sono formate indipendentemente

dall'attività o dall'esperienza, e sono programmate da delle serie di molecole di riconoscimento situate su ogni neurone a livelo pre- e post-sinaptico. Sperry basava questa conclusione su studi sui vertebrati a sangue freddo, ritenendo che questa inflessibilità, nei mammiferi, fosse tipica delle regioni cerebrali interne ma non della corteccia. Tuttavia la fissità del cervello adulto rimase la posizione dominante fino agli anni ottanta [Kesner, Martinez 2007], probabilmente anche per questo motivo gli studi di Hubel e Wiesel, che sperimentarono su animali in fase di sviluppo, fu accolta più favorevolmente rispetto alle ricerche degli psicologi di Berkeley.

Ad ogni modo, una volta ipotizzata l'esistenza della plasticità neurale dipendente dall'attività cerebrale, la domanda successiva diventava: attraverso quali processi avvengono i cambiamenti neurochimici e neuroanatomici? Diversi studi degli anni sessanta e settanta avevano evidenziato un incremento di sintesi proteica nella corteccia in seguito ad addestramento o ad ambiente arricchito, inoltre nel 1950 Katz e Halstead avevano ipotizzato che la sintesi proteica fosse necessaria per la memorizzazione [Kesner, Martinez 2007]. In tal modo le ricerche sulla memoria si legarono a quelle sulla neuroplasticità. Durante gli anni sessanta vennero condotti numerosi esperimenti, tutti dotati dello stesso disegno di ricerca: (1) sottoporre degli animali ad un breve addestramento, in grado di produrre una modificazione del comportamento per alcuni giorni; (2) somministrare ai soggetti sperimentali un inibitore di sintesi proteica a vari momenti in concomitanza con il periodo di addestramento, e ai soggetti di controllo una sostanza priva di effetti; (3) eseguire un test di apprendimento su entrambi i gruppi e comparare i risultati. Grazie a simili esperimenti, a partire dall'inizio degli anni settanta fu evidente che la sintesi proteica è necessaria per la memorizzazione a lungo termine [Kesner, Martinez 2007].

Questi studi su memoria e localizzazione di apprendimento erano difficili da interpretare in relazione alle influenti ricerche di Lashley [1950], che sembravano dare risultati del tutto diversi. Lashley condensò le proprie ricerche in due teorie: l'equipotenzialità e il principio di mass action. Per equipotenzialità Lashley intendeva la capacità del cervello di riorganizzare le connessioni neurali in modo che le funzioni cerebrali di aree danneggiate possano essere assunte dalle aree

ad esse adiacenti. Mentre il principio di mass action afferma che la corteccia cerebrale agisce in modo globale, come un intero, in molti tipi di apprendimento.
All'inizio fu difficile riuscire a mettere assieme i dati, apparentemente contrastanti, da un lato della localizzazione delle funzioni, e dall'altro delle idee di Lashley. Progressivamente si è arrivati a capire che specifiche parti del cervello svolgono specifiche funzioni, ma che ogni parte del cervello agisce sempre in concerto con tutte le altre, e che la plasticità cerebrale è tale da poter modellare e ri-modellare la corteccia cerebrale in maniera sostanziale.
Per concludere il discorso riporto un'osservazione di Hebb, che presenta un forte parallelismo con quanto sostenuto da Feuerstein: Hebb notò che l'arricchimento dell'esperienza migliora le capacità di apprendimento e di risolvere problemi. Hebb [1949] si accorse che, quando portava a casa i topi da laboratorio lasciandoli liberi di esplorare e di giocare, trattandoli come animali domestici per alcune settimane, dopo averli riportati in laboratorio quei topi dimostravano migliori capacità di risolvere i test rispetto a quelli rimasti tutto il tempo chiusi in gabbia. Hebb quindi concluse che "un'esperienza più ricca durante lo sviluppo rende il gruppo di animali capace di avvantaggiarsi di una nuova esperienza con maturità - una delle caratteristiche degli «intelligenti» esseri umani" [Hebb 1949 p298-299], egli inoltre riteneva che questo incremento di abilità cognitiva fosse permanente. Queste conclusioni trovarono sia parziali conferme che parziali smentite. Rosenzweig [1971] ebbe risultati opposti: sottopose a varie prove di natura spaziale sia i topi vissuti in ambiente arricchito sia quelli vissuti in ambiente impoverito, mentre inizialmente i primi risultavano nella maggior parte dei casi superiori ai secondi, questi ultimi tendevano a raggiungere i primi durante le serie di prove successive. Quindi Rosenzweig concluse che la deprivazione di esperienza non causasse deficit permanenti, e che il deficit iniziale fosse risolvibile con alcune settimane di addestramento. In realtà sia i risultati di Hebb che quelli di Rosenzweig sono pienamente giustificati dalla plasticità cerebrale, argomento che approfondirò nel prossimo paragrafo. Ad ogni modo la questione rimane di fatto aperta.

2.1.2 le concezioni più recenti

Le neuroscienze cognitive sono un campo in costante trasformazione, dove le scoperte recenti vengono ridiscusse di continuo, pertanto mi concentrerò sulle concezioni attuali e consolidate riguardo all'apprendere. “La plasticità, l'insieme dei meccanismi che sono alla base della mutevolezza e della flessibilità cerebrale, permette la cognizione. Un cambiamento relativamente rapido nella struttura e nella funzione del cervello genera la mente. Processi caratteristici della cognizione, includendo percezione, apprendimento e memoria, sono espressione della plasticità.” [Black, in Gazzaniga 2004 p119].

Come sottolinea LaMantia [Purves 2004], l'architettura del cervello adulto è il prodotto di istruzioni genetiche, di segnali da cellula a cellula, e dell'interazione tra organismo in via di sviluppo e ambiente esterno. Gli stadi iniziali dello sviluppo del sistema nervoso sono caratterizzati da processi che precedono la formazione di sinapsi, e che pertanto sono indipendenti dall'attività cerebrale. Questi processi, che includono la formazione dei neuroni e delle principali regioni del sistema nervoso, consentono l'instradamento degli assoni e la formazione di connessioni sinaptiche. I meccanismi cellulari che generano la crescita degli assoni e la formazione di sinapsi creano i circuiti neurali che danno origine a comportamento e cognizione. Durante lo sviluppo gli assoni hanno la capacità di allungarsi per alcuni millimetri, in certi casi addirittura centimetri, invece nel cervello adulto gli assoni sono rivestiti di mielina, che consente una migliore conduttività degli impulsi elettrici, in seguito al rivestimento perdono la precedente capacità di allungarsi. L'allungamento assonale avviene attraverso la protrusione di coni assonali, che esplorano l'ambiente circostante venendo attirati chimicamente verso i neuroni bersaglio, con cui l'assone formerà sinapsi. In tal modo si assiste ad un instradamento degli assoni, che non hanno informazioni genetiche su dove andare, e pertanto formano una serie di sporgenze dette coni. I coni che trovano le molecole di adesione cellulare omofiliche si legano ad esse e continuano a crescere, mentre i coni che trovano molecole repulsive vengono riassorbiti dall'assone. Ovviamente ci sono numerose molecole di adesione cellulare, così

che gli assoni siano attirati/respinti da differenti tipi di segnali chimici tra le cellule, e quindi che ciascun assone sia in grado di raggiungere i suoi neuroni bersaglio. Questi meccanismi esplorativi di crescita sono tutt'altro che efficaci, in realtà il cervello riesce ad auto-organizzarsi solo in virtù della grande ridondanza: in media circa la metà dei neuroni formati durante lo sviluppo sopravvive nel cervello adulto, infatti tutti i neuroni che non riescono a formare connessioni non ricevono nutrimento e muoiono, lasciando le risorse ad altre cellule. Dopo essere stati attirati per affinità chimica verso il loro bersaglio, gli assoni stabiliscono sinapsi con i gruppi di neuroni circostanti. “La formazione di contatti sinaptici tra assoni in crescita e i loro partner sinaptici segna l'inizio di una nuova fase dello sviluppo” [Purves 2004 p543], in quanto, una volta stabilite, le sinapsi necessitano dell'attività cerebrale per essere mantenute, e l'attività cerebrale dipende dall'interazione tra organismo e ambiente. Pertanto da questo momento in poi l'esperienza di vita inizia a dare forma al cervello. Vi sono dei fattori neurotrofici, che sono proteine rilasciate dai tessuti bersaglio degli assoni, indispensabili al mantenimento in funzione delle sinapsi e alla sopravvivenza dei neuroni stessi. Questi fattori neurotrofici promuovono la crescita di dendriti e assoni, e dunque portano a stabilire nuove connessioni sinaptiche. Mentre le fasi iniziali della sinaptogenesi avvengono per via dei segnali chimici da cellula a cellula, una volta che le basi dei percorsi di connessione sono stabiliti è l'attività cerebrale a modificare i circuiti nervosi. Questo processo di modificazione non si conclude mai durante la vita degli esseri umani: in alcune regioni del cervello vengono generate nuove sinapsi durante tutto l'arco dell'esistenza, in particolare nel giro dentato dell'ippocampo, area fondamentale per la memoria dichiarativa [Gross, in Binder et al. 2009], altre sinapsi vengono eliminate o rafforzate in base alla loro attivazione. Nonostante questa plasticità prosegua lo sviluppo cerebrale anche durante l'età adulta, la modificabilità di un cervello maturo è ridotta rispetto a quella di un cervello durante l'età evolutiva. Bouregeois e colleghi [in Gazzaniga 2004 p45] notano che “La stabilità dei contatti sinaptici durante la vita adulta sarebbe un vantaggio biologico per l'immagazzinamento e la conservazione del sapere acquisito”.

La ridondanza sinaptica che contraddistingue la specie umana, e in misura minore

anche le altre specie di mammiferi, ci conferisce una grande varietà di comportamenti, e quindi garantisce una straordinaria adattabilità, che il nostro patrimonio genetico da solo non avrebbe mai potuto permetterci in quanto un organismo guidato esclusivamente dalle istruzioni genetiche manca della flessibilità consentita dalla ridondanza sinaptica. Rimane comunque l'esigenza di specializzarsi durante lo sviluppo: attraverso l'interazione con l'ambiente che ci circonda, la stessa attività cerebrale seleziona le potenzialità da sviluppare[37]. In neuroscienze si parla inoltre dei periodi critici, ovvero finestre temporali durante le quali l'attivazione sinaptica dipendente dall'esperienza stabilisce definitivamente dei circuiti neurali. È il caso degli esperimenti di Hubel e Wiesel. Negli esseri umani, grazie alla maggiore plasticità, i periodi critici sono meno pronunciati che nelle altre specie animali. Dal punto di vista educativo l'unico periodo critico degno di nota riguarda l'acquisizione del linguaggio, infatti già a partire dai 7-8 anni diventa più difficile padroneggiare una lingua a livello di un madrelingua. Per quanto i casi di bambini ferali, che hanno vissuto del tutto privi di esposizione linguistica fino alle soglie dell'adolescenza, abbiano dimostrato l'incapacità di apprendere ad usare una lingua in maniera matura, limitandosi ad un uso rudimentale della comunicazione verbale, ben più numerosi casi di acquisizione di una seconda lingua hanno dimostrato la plasticità umana, che si manifesta nella capacità di apprendere ad usare efficacemente seconde lingue anche in età adulta. Interessante in proposito lo studio condotto da Pallier [Pallier et al. 2003], che ha esaminato dei bambini nati in Corea e adottati da famiglie francesi ad un'età compresa tra 3 a 10 anni. Questi bambini avevano smesso di parlare Coreano completamente, arrivando da adulti a parlare Francese senza accento e dimostrando a livello cerebrale una mancanza di attivazione delle aree linguistiche quando vengono esposti al Coreano. In queste persone la seconda lingua ha

37 Dal punto di vista pedagogico mi viene in mente la voce di Mencarelli [1972] che ha affermato l'identità tra plasticità e potenziale educativo. È del tutto logico chiedersi cosa genera a livello cerebrale la scuola come ambiente di apprendimento, e se l'attività cerebrale promossa dalla scuola consenta uno sviluppo ottimale dei percorsi sinaptici, oppure se porti ad uno spreco di ridondanza, ossia ad un cattivo uso della plasticità di cui noi esseri umani siamo dotati fin dalla nascita. Tali erano gli interrogativi, che io ho espresso riferendomi al cervello e alle sinapsi, che si poneva Mencarelli. Proprio a questi interrogativi risponde Feuerstein quando parla di arricchimento in contrasto con la deprivazione culturale.

rimpiazzato la prima completamente: i circuiti cerebrali originariamente sviluppati attraverso il Coreano si attivano con il Francese, che ha preso il posto della prima lingua in maniera totale. Questo studio mostra senza ombra di dubbio che fino ai 10 anni le aree linguistiche sono in grado di riorganizzarsi totalmente. Più in generale, osservando le capacità di apprendimento adulto, è plausibile concludere che i periodi critici negli esseri umani si esprimano solamente come momenti favorevoli ad apprendere.

La plasticità nel cervello adulto è resa possibile primariamente dall'alterazione della forza sinaptica, e secondariamente dalla formazione di nuove connessioni. La forza sinaptica può essere alterata per periodi di tempo che vanno da pochi millisecondi a mesi [Purves 2004], le sinapsi sono soggette a depressione, ossia indebolimento, e a potenziamento, sia a lungo che a breve termine. Le alterazioni a breve termine durano per pochi minuti o meno: la depressione sinaptica, che si ha quando ad un rilascio di molecole a livello pre-sinaptico corrisponde una diminuita reazione post-sinaptica, si verifica per fenomeni di abituazione, ossia quando uno stimolo viene ripetuto in rapida successione, diminuendo la quantità di molecole che i neuroni possono scambiarsi: sia gli ioni indispensabili per propagare l'impulso nervoso sia le vescicole contenenti neurotrasmettitori in grado di modulare l'attività cerebrale tendono ad esaurirsi. A livello cognitivo questo fenomeno determina la durata della Working Memory, detta anche memoria immediata, che tende a deteriorarsi nel giro di secondi: è per questo che c'è bisogno di ripetere un numero di telefono a mente alcune volte per non dimenticarlo subito. Un potenziamento a breve termine delle sinapsi, definito facilitazione sinaptica, avviene quando due o più potenziali di azione raggiungono la stessa giunzione pre-sinaptica nello stesso istante. La facilitazione avviene determinando un maggiore rilascio di molecole ad ogni attivazione sinaptica. La depressione sinaptica è indotta da treni di stimoli a basse frequenze, mentre la facilitazione da stimoli sincronici, e quindi ad alte frequenze. Raffiche di potenziali d'azione ad alta frequenza possono condurre anche ad un secondo tipo di potenziamento, detto post-tetanico, della durata di diversi minuti.

Accanto a questa plasticità sinaptica a breve termine esiste quella a lungo termine. “Alcuni pattern di attività sinaptica nel sistema nervoso centrale

producono un incremento di lunga durata nella forza sinaptica conosciuto come long-term potentiation (LTP), laddove altri pattern di attività producono un indebolimento di lunga durata nella forza sinaptica, conosciuto come long-term depression (LTD). LTP e LTD sono definizioni generiche che descrivono solamente la direzione del cambiamento nell'efficacia sinaptica; infatti, differenti meccanismi molecolari e cellulari possono essere coinvolti nell'originare LTP o LTD in differenti sinapsi. In generale, queste diverse forme di plasticità sinaptica sono il prodotto di diverse storie di attività, e sono mediate da diversi tipi di segnali tra le cellule nervose coinvolte." [Purves 2004 p583] Visto l'intento del presente scritto, che si muove all'interno di un orizzonte cognitivo e non puramente fisiologico, tralascio di approfondire quali siano i meccanismi molecolari che conducono alle alterazioni di forza sinaptica; piuttosto ne sottolineo quelle proprietà che rivestono implicazioni a livello cognitivo e comportamentale.

LTD è associata ad attività cerebrale di bassissima frequenza, al contrario LTP è associata ad attività ad alta frequenza, tipica dell'attività mentale cosciente e dei compiti cognitivi, parallelamente è caratterizzata da elevata sincronizzazione tra scarica pre-sinaptica e risposta post-sinaptica. Una proprietà importante di LTP è l'associatività: stimolazioni deboli lungo un percorso composto da una serie di sinapsi non innescherebbero normalmente LTP, ma quando contemporaneamente un vicino percorso sinaptico, che coinvolge un neurone del percorso precedente, viene attivato fortemente, entrambi i percorsi sono soggetti a LTP. Una seconda proprietà di LTP è la specificità dell'input: la LTP indotta dalla stimolazione di una sinapsi non si estende ad altre sinapsi che fanno contatto con il medesimo neurone. Pertanto LTP è specificamente ristretta alle sinapsi attivate piuttosto che estendersi a tutte le sinapsi di una data cellula. LTD e LTP sono meccanismi complementari che esercitano il loro effetto alternativamente sulle medesime sinapsi, LTD è un meccanismo che permette di distruggere, mentre LTP di costruire. Assieme questi due meccanismi sono in grado di sviluppare e di riorganizzare le mappe neurali, ossia i percorsi sinaptici facilitati creati a partire dai circuiti cerebrali, la cui attività costituisce le basi neurali del comportamento, delle disposizioni e delle skills. Tutta l'attività mentale è in funzione delle mappe neurali plasmate dalla loro stessa attività, e costantemente soggette all'azione sia della

plasticità a breve termine sia di quella a lungo termine. LTP e LTD agiscono in numerose regioni cerebrali: nell'ippocampo, nella corteccia, nel cervelletto e nelle amigdale. La continua formazione e trasformazione di queste mappe è il correlato neurale della memoria. La plasticità nell'ippocampo è critica per la memoria dichiarativa, dalla plasticità corticale dipendono le memorie procedurali, la plasticità nelle amigdale è coinvolta nella memoria emotiva, o meglio nel colore emotivo associato ai ricordi, la plasticità nel cervelletto consente di acquisire coordinazione motoria. Ogni volta che le mappe neurali di una persona si modificano, la persona stessa cambia. La specificità dell'input della LTP permette di modificare la forza di sinapsi ben precise, e quindi consente di modificare il comportamento in maniera raffinata. L'associatività si riflette nella memorizzazione e nel successivo recupero dei ricordi, che spesso avviene per associazione mentale.
In sintesi, dal punto di vista cerebrale, la memoria è modificazione neurale, e tutta la modificazione è una forma di memoria.

2.1.3 i nodi problematici delle spiegazioni neurobiologiche a proposito di apprendimento e cognizione

Fino ad ora ho introdotto le concezioni generali sull'apprendimento emerse dalle ricerche sul cervello, tuttavia dal punto di vista epistemologico le neuroscienze cognitive mancano della solidità delle ricerche in fisiologia. Infatti la fisiologia, come disciplina generale, è solidamente ancorata a metodi e principi chimico-fisici, e non pone in discussione il proprio statuto epistemologico. Al contrario le neuroscienze cognitive indagano i correlati biologici dei processi cognitivi, e più in generale i correlati biologici della mente, per far questo attingono a discipline diverse, quali la neurofisiologia, la neuroanatomia, la neurologia clinica, la psicologia, le scienze cognitive, la filosofia della mente, la genetica del comportamento. Il campo di ricerca che ne risulta è molto variegato, questo implica che, per raggiunge una conclusione, in neuroscienze cognitive si parte da

assunti e dati di varia provenienza disciplinare, che sono stati ottenuti con metodi diversi. A sua volta questo implica una frammentarietà epistemica. Dal punto di vista pratico questo significa che le conclusioni a cui giungono le ricerche in neuroscienze cognitive non sono stabili: vengono regolarmente confutate nel giro di pochi anni, ma non in modo definitivo, e dunque sono spesso riproposte in seguito ad altri studi. Nelle prossime pagine discuterò dei limiti conoscitivi delle ricerche neuroscientifiche, dedicando particolare attenzione a quelle sull'apprendimento.

Limiti conoscitivi legati agli strumenti di ricerca.

Hardcaste e Stewart [2002] hanno elencato i limiti delle principali tecniche di ricerca in neuroscienze cognitive. Lo studio dell'anatomia e della fisiologia cerebrale costituisce la base biologica degli studi sul cervello, tuttavia la sola osservazione dei tessuti e delle strutture del sistema nervoso non dice nulla riguardo le loro funzioni. Al contrario, il metodo della lesione permette di inferire il funzionamento delle parti del cervello danneggiate osservando le differenze di comportamento tra i soggetti che hanno subito la lesione e i soggetti sani. Tuttavia raramente una lesione interessa un'area precisa, che corrisponde ad una funzione precisa. In linea di massima i danni sono trasversali a più aree cerebrali, e i deficit di comportamento provocati sono variabili. Di fatto le lesioni non comportano la perdita completa di una funzione specifica, ma causano una serie di disturbi. Inoltre con questo metodo è possibile capire che un'area cerebrale è implicata in qualche processo necessario per il normale funzionamento, ma non fornisce una spiegazione dettagliata del funzionamento della parte di cervello lesionata.

Durante gli ultimi decenni le tecniche di neuroimmagine si sono imposte come il principale strumento di ricerca in neuroscienze cognitive, in quanto permettono di osservare dal vivo l'attività cerebrale. La prima tecnica di neuroimmagine è stata la PET (tomografia a emissione di positroni), consiste nell'immettere una soluzione contenente radioisotopi che emettono positroni nel torrente circolatorio. I positroni vengono emessi ovunque arrivi il sangue, e la posizione dei radioisotopi viene rilevata da sensori. Dal momento che i neuroni maggiormente attivi hanno bisogno di più ossigeno e più glucosio, i vasi sanguigni fanno affluire una maggior quantità

di sangue alle regioni attive. Pertanto è sufficiente osservare in quali regioni del cervello sia presente un numero più alto di atomi che emettono positroni per sapere quali sono le zone maggiormente irrorate, ossia le più attive. Una seconda tecnica molto importante è la MEG (magneto encefalo grafia), si basa sulla misurazione dei campi magnetici prodotti dall'attività elettromagnetica delle cellule nervose. La MEG è in grado di registrare l'attività cerebrale per lunghi periodi di tempo, mentre altre tecniche di neuroimmagine si limitano a fotografarne un istante. Tuttavia è meno precisa nella localizzazione, che viene calcolata misurando i campi magnetici. La tecnica più utilizzata negli ultimi anni è la fRMI (risonanza magnetica funzionale), consente di visualizzare sezioni cerebrali in qualsiasi direzione con alta risoluzione spaziale. Si attua sottoponendo il soggetto studiato ad un forte campo magnetico statico. Dal momento che i diversi atomi risuonano a frequenze diverse, quando si accende un secondo campo magnetico, orientato in maniera differente dal primo, alcuni atomi entrano in risonanza con questo secondo campo, e quando questo viene spento tali atomi tornano ad allinearsi con il primo campo magnetico, così facendo producono un segnale. Mappando i segnali provenienti dai vari atomi è possibile mappare il cervello in maniera molto precisa. Inoltre l'emoglobina del sangue ossigenato ha risonanza magnetica diversa da quella che ha donato il suo ossigeno, e, poiché i tessuti maggiormente attivi richiedono più ossigeno, individuando dove lo scarto tra emoglobina ossigenata ed emoglobina de-ossigenata è maggiore, si trovano le zone del cervello più attive.

L'ultima tecnica inventata è l'OT (optical topography), che utilizza luce infrarossa per ottenere immagini dell'attivazione funzionale della corteccia. Il primo paper sull'optical topography è stato pubblicato nel 1995 da Koizumi e colleghi. Quando una matrice di fibre ottiche del diametro di un millimetro è posta sullo scalpo, la radiazione infrarossa arriva al cervello, ed è riflessa in maniera differente dall'emoglobina ossigenata rispetto a quella de-ossigenata. Questo metodo permette di mappare l'attivazione della corteccia, perdendo di precisione per quanto riguarda le strutture interne del sistema nervoso centrale. Tuttavia presenta il grande vantaggio di poter testare soggetti nelle loro condizioni naturali, a differenza delle altre tecniche non richiede infatti né l'immobilità completa del

soggetto esaminato, né apparecchiature di grandi dimensioni.

Gli strumenti di neuroimmagine hanno consentito notevoli sviluppi nel campo delle neuroscienze cognitive, in quanto permettono di monitorare l'attività del sistema nervoso centrale nella sua interezza, confrontandola con il comportamento e l'attività mentale. In realtà anch'essi presentano varie limitazioni: anzitutto, dato che l'intero cervello è sempre in attività, seguire tutti i segnali elettrici e chimici al suo interno è attualmente impossibile. Pertanto, al fine di creare un'immagine funzionale del cervello che evidenzi le aree maggiormente attive durante un determinato compito, si sovrappongono varie immagini e si escludono le zone che non presentano un alto consumo di ossigeno in tutte le immagini, in questo modo si ricavano delle aree molto circoscritte. Le immagini così ottenute di fatto non localizzano le funzioni cerebrali[38], invece rappresentano le aree del cervello che molto probabilmente saranno maggiormente attive in corrispondenza ad una data attività mentale. Inoltre, le indagini che sfruttano le tecniche di neuroimmagine avvengono in un ambiente decisamente distante da quello in cui le persone vivono normalmente: gli strumenti per eseguire una PET o una fRMI richiedono al soggetto il cui cervello viene monitorato di rimanere immobile sdraiato dentro una macchina, mentre la MEG può limitarsi ad usare un elmetto collegato con cavi ai computer, ma necessita di una stanza schermata da campi magnetici esterni. Non esistono ancora degli strumenti sufficientemente piccoli e maneggevoli da poter essere utilizzati per monitorare l'attività cerebrale complessiva durante la vita quotidiana, anche se l'OT è comunque in grado di monitorare l'attività di aree circoscritte, come le cortecce prefrontali, utilizzando come unico strumento un caschetto.

Come fa notare Bechtel [2002], incrociare i risultati ottenuti attraverso le diverse tecniche di ricerca permette di superare parzialmente le limitazioni di ciascuna singola tecnica, raggiungendo così dati sufficienti per elaborare delle plausibili interpretazioni.

---

38 Questo non implica che, attraverso il monitoraggio dell'attività mentale e il metodo della lesione, non sia possibile individuare delle aree del cervello la cui attività corrisponda perfettamente ad una data funzione. Però significa che i tentativi di localizzazione non sono esenti da ambiguità.

Problematiche legate alla divulgazione dei risultati neuroscientifici.

Un ulteriore elemento di disturbo risiede nella fiducia quasi incondizionata che la gente ripone nelle spiegazioni basate sul cervello: sono ritenute spiegazioni convincenti. Un articolo di Skolnick [2008] mette bene in luce questa loro caratteristica. Skolnick e colleghi hanno realizzato un esperimento semplice: per prima cosa hanno fornito una breve descrizione di fenomeni psicologici a tre gruppi di persone, il primo gruppo composto da esperti di neuroscienze, il secondo da studenti di un corso universitario in neuroscienze, il terzo da adulti privi di conoscenze in neuroscienze; in seguito hanno fornito una di queste quattro tipologie di spiegazione dei fenomeni: buona spiegazione senza informazioni neuroscientifiche, buona spiegazione con informazioni neuroscientifiche, cattiva spiegazione senza informazioni neuroscientifiche e cattiva spiegazione con informazioni neuroscientifiche. Il punto cruciale è che le informazioni neuroscientifiche erano irrilevanti rispetto alla spiegazione. In fine hanno chiesto di indicare su di una scala quanto fossero soddisfacenti le spiegazioni. Tutti i tre gruppi ritenevano le spiegazioni buone, con o senza informazioni neuroscientifiche, più soddisfacenti rispetto alle spiegazioni cattive, tuttavia entrambi i gruppi dei non esperti indicarono le spiegazioni con informazioni neuroscientifiche come più soddisfacenti di quelle senza, e l'effetto era più pronunciato in concomitanza delle spiegazioni cattive. Solo il gruppo di esperti seppe riconoscere l'inconsistenza delle informazioni neuroscientifiche fornite. L'esperimento mostra che, dato il fascino delle spiegazioni neurali, è bene tenere un atteggiamento critico nei loro confronti.

Difficoltà concettuali concernenti la dimensione umana dell'apprendere.

Per quanto riguarda le ricerche neuroscientifiche sull'apprendimento vi sono alcuni aspetti problematici che è importante tenere in considerazione. Per prima cosa si consideri la definizione di apprendimento come “processi volti ad acquisire o codificare informazione e a sviluppare la capacità di esibire nuovi comportamenti.” [Taketoshi, in Binder et al. 2009 p2129]. Questa definizione è largamente condivisa dalla comunità neuroscientifica, e si riferisce a tutti i processi di apprendimento in generale, a partire da quelli che interessano forme di vita dotate

di un sistema nervoso semplicissimo, fino ad arrivare agli esseri umani. Tale definizione non si cura delle differenze individuali nell'apprendere, anzi non si cura nemmeno delle differenze tra le specie animali, quindi le ricerche sull'apprendimento eseguite su cavie da laboratorio vengono estese agli esseri umani. La neurobiologia ha dimostrato che le strutture e le funzioni cerebrali sono simili in tutte le specie di mammiferi, pertanto i risultati delle ricerche su topi e cani possono legittimamente dire qualcosa anche sul cervello umano e sulle sue funzioni, tuttavia questa somiglianza tra mammiferi si ferma agli aspetti generali, dunque ricerche che si basano su modelli animali non potranno mai illuminarci sulle cause neurali del perché certe persone apprendono meglio di altre in certi campi. Al contrario, per chi guarda alle neuroscienze dalle scienze dell'educazione, le differenze individuali rivestono un grande interesse. Sono le indagini cliniche a contenere maggiori informazioni sulle difficoltà di apprendimento, ma nemmeno queste chiariscono pienamente il funzionamento cognitivo globale del cervello umano sano e la sua variabilità. Le neuroscienze dell'apprendimento sono un campo di ricerca interdisciplinare che si sta lentamente formando, mettendo in relazione i dati neurobiologici, i dati clinici, e le esperienze educative. Dal punto di vista epistemologico è ancora debole per via dell'inadeguatezza delle ricerche sul tessuto nervoso di modello animale, in particolare per quanto riguarda la plasticità neurale, aspetto critico nell'apprendimento, che è molto più accentuata negli esseri umani rispetto a tutte le altre specie animali. Per superare tale debolezza si guarda alle tecniche di neuroimmagine, le quali non sono di per sé migliori dei dati comportamentali, ma grazie ad un continuo confronto tra comportamenti, tecniche di neuroimmagine e rapporti in prima persona dei soggetti esaminati, si dovrebbe essere in grado di superare le fratture epistemologiche presenti tra le varie discipline che danno origine alle neuroscienze dell'apprendimento. Tratterò questo argomento in maniera approfondita nel prossimo paragrafo.

Vi è un secondo aspetto problematico relativo alla concezione di apprendimento che sta alla base delle ricerche neuroscientifiche, ossia la mancanza di una discriminazione netta tra apprendimento e memoria: “I concetti di apprendimento e memoria sono strettamente correlati, e i termini descrivono spesso all'incirca gli

stessi processi. A livello sequenziale, apprendere è il processo di acquisire nuove informazioni, mentre la memoria si riferisce al persistere di quanto è stato appreso in uno stato che possa essere richiamato in un momento successivo, così la memoria è la normale conseguenza dell'apprendere. Al giorno d'oggi il termine processo di apprendimento/memoria è usato per indicare tutti gli aspetti di acquisizione, immagazzinamento e recupero." [Taketoshi, in Binder et al. 2009 p2129]. Questa concezione di apprendimento come condizione di memorizzazione è una chiave di lettura ben precisa del sapere, che si riduce ad un insieme di memorie. La precisa categorizzazione di differenti tipi di memoria diventa quindi molto importante perché, nell'ottica neurobiologica, al di fuori di essa non c'è apprendimento. In termini generali è possibile affermare che apprendimento e memoria condividono la medesima base biologica: entrambi sono correlati neurali della plasticità cerebrale. Quando si parla di apprendimento ci si riferisce alla relazione tra organismo e ambiente che promuove il cambiamento cerebrale, il quale avviene sotto forma di memoria. Quindi se la memoria è l'avvenuto cambiamento, l'apprendere è un estrinsecarsi della capacità globale di cambiare, la quale include anche l'acquisizione di comportamenti potenzialmente non adattivi. Dal punto di vista cerebrale infatti non vi è differenza a livello iniziale: quanto è appreso, ossia memorizzato, viene continuamente testato su campo per essere ri-modificato in seguito al feedback emotivo.

La concezione neurobiologica dell'apprendere si è sviluppata in maniera del tutto indipendente dalla pedagogia, quindi risulta distante dagli aspetti educativi e didattici. La problematicità di tale concezione non è interna alla neurobiologia, si manifesta a livello di neuroscienze cognitive, ovvero quando gli studi fisiologici incontrano quelli umanistici: come due popoli che non si sono parlati per lungo tempo, la neurobiologia e le scienze umane necessitano di un lavoro sul linguaggio per comprendersi. Più prosaicamente, mentre la psicologia si confronta da decenni con le scienze del cervello, arrivando a produrre un'area comune di linguaggio e di ricerca, le scienze dell'educazione si affacciano solo da pochissimo tempo su questo dialogo tra discipline. Pertanto c'è il forte rischio di fraintendimento: che chi si occupa di educazione prenda degli studi neuroscientifici e li impugni per sostenere qualsiasi posizione. Qui risiede l'origine

della problematicità, nell'interpretazione ingiustificata dei dati provenienti da una disciplina che parla un diverso linguaggio. Le persone che vogliono fare ricerca in educazione utilizzando le neuroscienze cognitive, poco si giovano degli studi sulla localizzazione cerebrale, che vanno tanto di moda in questi anni, invece hanno bisogno di studi longitudinali sui cambiamenti nel cervello: per confrontare realmente l'impatto dell'esperienza sull'attività del cervello serve la dimensione storica, la sola localizzazione non giustifica affatto il cambiamento cerebrale, anzi rischia di trasformarsi in una nuova frenologia.

Per concludere questo esame dei limiti delle spiegazioni neuroscientifiche voglio affrontare brevemente la questione mente-corpo, argomento fondamentale nella filosofia della mente [Stich e Warfield 2003]. “Il problema mente-corpo consiste nel problema di spiegare come i nostri stati, eventi e processi mentali, sono in relazione agli stati, eventi e processi fisici, nei nostri corpi.” [Wilson e Keil 1999 p546]. Per trattare l'argomento esaustivamente non basterebbe l'intera tesi, quindi mi limito a sottolineare un singolo aspetto: la letteratura neuroscientifica non si occupa minimamente del problema mente-corpo. Per quanto alcuni neuroscienziati abbiano preso parte ai dibattiti filosofici sull'argomento, la comunità dei ricercatori che investigano il cervello non sembra percepire la relazione mente-corpo come un problema. In linea di massima assumono un atteggiamento fisicalista identitario, ossia ritengono che gli stati e le proprietà mentali siano identici agli stati e alle proprietà cerebrali. Data questa impostazione di fondo, le spiegazioni neuroscientifiche sono riduzionistiche[39] nei confronti dei fenomeni cognitivi ogni qualvolta sia possibile. Tuttavia vi sono molti fenomeni mentali per i quali non si sono trovate spiegazioni riduzionistiche, primo fra tutti la coscienza, i cui aspetti soggettivi, definiti *qualia* in filosofia della mente, sono così ostici da ridurre alle attività cerebrali da essersi guadagnati l’appellativo di *Hard Problems* [Chalmers 1996]. Nei casi di irriducibilità di fenomeni mentali, che comunque presentano una sincronicità con una data attività cerebrale, in neuroscienze c'è la tendenza a parlare di fenomeni emergenti. In altre parole si assume una

39 Le teorie neuroscientifiche ritengono di spiegare esaustivamente i fenomeni mentali attraverso la descrizione dell'attività cerebrale, questo in quanto riducono la mente all'attività cerebrale stessa.

prospettiva olistica, ritenendo che, quando non si riesce a ridurre un certo fenomeno all'attivazione di una certa area cerebrale, tale fenomeno sia il risultato delle interazioni tra diverse aree. In questo modo il comportamento complessivo dell'insieme di aree cerebrali può eccedere la somma dei contributi delle singole componenti.

A complicare le cose ci sono gli studi provenienti dal campo dell'Intelligenza Artificiale, in particolare gli influenti progetti di Brain-Based Devices sviluppati presso The Neurosciences Institute in La Jolla, California, sotto la guida del premio Nobel per la medicina e la fisiologia Gerald Edelman. A partire dal 1981 i ricercatori di La Jolla lavorano su modelli computazionali e, a partire dal 1992, robotici del sistema nervoso. Questi modelli sono costruiti in modo da mimare le funzioni cognitive. I ricercatori che li hanno progettati condividono l'idea che le peculiarità fisiche del cervello non siano indispensabili per dare vita a fenomeni mentali, e che le macchine possano sviluppare, se non una vera e propria mente, almeno delle funzioni cognitive simili a quelle animali. Questa concezione è pienamente funzionalista: è il ruolo che giocano le componenti di un sistema e le relazioni che instaurano tra loro a determinarne le proprietà, e questo vale anche per i fenomeni mentali.

In conclusione la posizione epistemologica dominante all'interno delle neuroscienze cognitive è di tipo riduzionistico, le posizioni emergentiste e funzionaliste sono ugualmente accettate quando l'approccio riduzionista non è applicabile. La comunità neuroscientifica non presta molta attenzione agli aspetti epistemologici, non è solita interrogarsi sugli assunti profondi che stanno alla base delle sue ricerche. Tutto questo comporta sensibili conseguenze per quanto riguarda gli studi sull'apprendimento: qualora l'apprendimento venga esaminato come processo di formazione di memorie, al di fuori degli aspetti temporali e dunque delle differenze tra individui, allora è un fenomeno del tutto riducibile alla modificabilità sinaptica; qualora si prendano in esame Brain-Based Devices che esibiscono capacità autonome di apprendere, è del tutto plausibile creare un modello funzionalista di apprendimento; se invece si valuta l'impatto dell'esperienza sul sistema nervoso, e quindi si esamina l'apprendimento come processo contestualizzato e storico, è logico preferire una posizione emergentista:

dal momento che il sistema nervoso si modifica sempre a partire da uno stato cerebrale unico e irripetibile, dipendente da una serie di circostanze largamente accidentali, ne consegue che questo tipo di studio sull'apprendimento presenta dei risultati di natura idiografica, mai pienamente riducibili a delle variabili del tutto prevedibili.
In sintesi, da quanto ho potuto constatare attraverso l'esame della letteratura, in neuroscienze vengono ritenuti validi risultati ottenuti grazie a posizioni epistemologiche diverse, e tra loro parzialmente incompatibili. Il prossimo paragrafo è dedicato alla soluzione di queste aporie, a ridefinire e superare i limiti delle neuroscienze a proposito di apprendimento e cognizione.

2.2 una programma di ricerca per le neuroscienze cognitive e dell'apprendimento

Non è mia intenzione ridiscutere le basi epistemologiche delle neuroscienze cognitive nel loro complesso. Piuttosto mi concentrerò sulle neuroscienze dell'apprendimento, le quali, essendo un campo in forte espansione, non si sono ancora completamente consolidate: stanno attivamente cercando gli strumenti migliori, attingendo sia dalla biologia sia dalla filosofia e dalle scienze sociali.
Koizumi [2004] ha suggerito che l'educazione possa essere definita come *nurturing of the brain*. Secondo Koizumi apprendimento ed educazione, dal punto di vista biologico, corrispondono ai processi di formazione di connessioni neurali in risposta a stimoli esterni. L'apprendimento consiste nel controllo degli stimoli, l'educazione consiste nell'aggiunta di nuovi stimoli. In quest'ottica apprendimento ed educazione possono essere studiati come un nuovo campo delle scienze naturali. Rispetto alla posizione fortemente orientata in termini biologici di Koizumi, Howard-Jones [2008] vede le neuroscienze dell'apprendimento come un area di ricerca interdisciplinare che emerge dall'interfacciarsi di neuroscienze e scienze dell'educazione. La posizione più equilibrata di Howard-Jones è verosimilmente dettata da una giusta prudenza: infatti i concetti della pedagogia *brain-based* sono

in larga parte privi di fondamento neuroscientifico. Interessante in proposito un articolo di Geake [2008] che definisce 'neuromiti' quelle concezioni, di presunta matrice neuroscientifica, riscontrate nelle classi di scuola statunitensi. Neuromiti sono, per esempio, il fatto che gli esseri umani usino il 10% del cervello, la dicotomia emisfero destro/emisfero sinistro, e perfino la teoria delle intelligenze multiple, qualora presentata come supportata da localizzazione cerebrale. Si tratta del fraintendimento di studi che hanno una base biologica, ma che sono stati male interpretati una volta tradotti in pratiche educative. Per evitare di creare nuovi neuromiti bisogna individuare gli aspetti del funzionamento cerebrale che abbiano implicazioni sia per la pratica educativa sia per l'apprendimento, inteso come il modificarsi del cervello in concomitanza con l'esperienza.

Tra gli studi che mi sembrano epistemologicamente più promettenti voglio citare in primo luogo le ricerche di Usha Goswami [2008], psicologa dello sviluppo di Cambridge, che si occupa di dislessia. Goswami rintraccia le basi biologiche della dislessia utilizzando EEG[40], individuando le possibili cause della dislessia attraverso studi longitudinali. Oltre a Goswami sono stato influenzato epistemologicamente anche da Liane Kaufmann [2008], che si occupa di discalculia. Kaufmann sottolinea come esistano due approcci teorici diversi nelle neuroscienze cognitive: l'area focus, che tenta di spiegare le capacità cognitive localizzandole in una specifica porzione del cervello, e il network focus, che concepisce l'attività cognitiva come il risultato della collaborazione di processi propri di varie aree cerebrali. Mentre le ricerche che hanno come bersaglio aspetti relativamente semplici della mente umana, come per esempio la percezione di un colore, trovano nell'area focus un approccio in grado di condurre a validi risultati, quando si arriva a studiare aspetti maggiormente complessi, per esempio quali reazioni emotive suscita la percezione di un colore, diventa fondamentale adottare il network focus perché la massima parte delle capacità cognitive emergono

40 Rispetto ad altre tecniche di indagine sull'attività del cervello, l'EEG si presenta come lo strumento più adatto ad effettuare ricerche educative, sia per via della possibilità di registrare in maniera continuativa per lunghi periodi di tempo, sia per la relativa economicità e trasportabilità della strumentazione. Inoltre l'EEG, pur non consentendo la precisa localizzazione cerebrale delle tecniche di neuroimmagine, presenta il vantaggio di fornire i dati sui potenziali evocati, e dunque sul tipo di attività bio-elettrica del cervello.

proprio quando varie aree del cervello iniziano a concertare la propria attività: imparare a leggere, ad esempio, richiede che aree visive e aree linguistiche formino dei pattern di connessioni stabili [Dehaene, 2009].

I danni al cervelletto sono un esempio di come le funzioni complesse non siano localizzabili in maniera univoca, ma emergano da attività concertate. Il cervelletto gioca un ruolo in tutte le funzioni motorie [Bloedel e Bracha, in Binder et al. 2009], danni al cervelletto compromettono diverse funzioni, quale il linguaggio e la pianificazione anticipatoria [Cozolino, 2008]. Probabilmente le compromissioni sono dovute ai deficit di coordinazione motoria di base, che rendono problematico parlare, muovere il corpo nello spazio, perfino fissare lo sguardo su un punto preciso. Nonostante danni al cervelletto provochino effetti sulla produzione del linguaggio e sull'organizzazione del comportamento, di certo le aree essenziali per l'elaborazione del linguaggio e della pianificazione non comprendono il cervelletto: negli studi di neuroimmagine sono le aree frontali del cervello a mostrare maggiore attivazione durante i compiti linguistici[41] e decisionali. Fino ai primi anni duemila le neuroscienze hanno seguito principalmente l'approccio area focus, dedicandosi agli aspetti locali, anatomici e fisiologici del sistema nervoso. Al fine di connettere le neuroscienze alle scienze della cognizione e dell'educazione è invece importante raggiungere una comprensione dell'attività globale del cervello, adottando maggiormente l'approccio network focus.

Le ricerche in neuroscienze dell'apprendimento, come quelle di Kaufmann e di Goswami, sono costruite seguendo una serie di linee guida, sia concettuali che metodologiche, rimaste implicite. Questo capitolo è pertanto dedicato a ricostruire ed esplicitare le riflessioni, i concetti ed i metodi che stanno portando alla costituzione di un nuovo framework epistemologico per le neuroscienze dell'apprendimento.

---

41 Le aree eminentemente linguistiche, dette area di Broca, coinvolta nell'elaborazione linguistica, e di Wernicke, coinvolta nella comprensione linguistica, sono in genere localizzate sull'emisfero sinistro, tuttavia non nella totalità delle persone: i casi di persone nate con un solo emisfero, o con i due emisferi scollegati, ossia privi di un fascio di fibre nervose chiamato corpo calloso, hanno messo in evidenza come entrambi gli emisferi siano dotati delle stesse potenzialità, ma che in seguito allo sviluppo le funzioni cerebrali tendano a lateralizzarsi, diventando predominati in uno degli emisferi. [Churchland 1986, Gazzaniga 1989]

2.2.1 molteplici livelli della spiegazione biologica

All'interno delle neuroscienze esistono cinque diversi livelli di ricerca, ordinati secondo la grandezza dell’oggetto di studio. In ordine di complessità crescente, essi sono [Bear, Connors, Paradiso, 2001 p13]:

- Neuroscienze molecolari, studiano il cervello a livello chimico elementare.
- Neuroscienze cellulari, hanno come bersaglio le cellule nervose e il loro comportamento.
- Neuroscienze dei sistemi, si occupano delle costellazioni di neuroni che formano circuiti preposti a funzioni semplici quali la visione o il movimento volontario.
- Neuroscienze comportamentali, esaminano le funzioni integrate come percezione o coordinazione.
- Neuroscienze cognitive, hanno lo scopo di capire come il cervello crea la mente.

La strategia per comprendere come funziona il cervello procede su due versanti: da un lato si studiano i meccanismi elementari a livello chimico e microbiologico, dall’altro si cerca di scomporre le funzioni superiori nell’attività concertata dei meccanismi più semplici. Quindi, in teoria, il livello superiore dovrebbe essere pienamente riducibile a quello inferiore, fino ad arrivare al livello molecolare. Allo stato attuale persistono molte lacune e non sempre le due linee di ricerca convergono. Di fatto la comunità scientifica ha rinunciato alla sistematica riduzione in termini fisico-chimici delle funzioni cerebrali. Questa divisone in cinque livelli riconduce al problema riduzionismo/emergentismo, argomento su cui Ernst Mayr ha scritto un saggio molto interessante dal titolo “Analisi o Riduzionismo?” [in Mayr 2004]. Per prima cosa egli distingue nettamente analisi e riduzione: il metodo analitico consiste nello scindere un sistema nelle sue componenti, procedendo, se proficuo, fino a livello molecolare. Mayr afferma che è questione di buon senso ritenere che sia possibile comprendere meglio un fenomeno complesso

dividendolo in componenti più piccole e studiando individualmente le varie parti ottenute. Dunque l'analisi è di indubbia utilità, e differisce dal riduzionismo “in quanto non sostiene che le componenti di un sistema, rivelate analiticamente, forniscano un'informazione completa su tutte le proprietà del sistema, dal momento che essa (l'analisi) non fornisce una descrizione esaustiva delle interazioni che si stabiliscono tra le componenti di un sistema.” [Mayr 2004 p74].

Il riduzionismo invece si basa sulle seguenti premesse:

”1. Non si può comprendere alcun fenomeno biologico di livello superiore finché non se ne analizzino le componenti presenti al successivo livello inferiore; tale scomposizione analitica deve proseguire in direzione discendente fino al livello caratterizzato da processi puramente chimico-fisici.

2. Un siffatto ragionamento porta ad affermare, inoltre, che il fatto di conoscere le componenti del livello inferiore permette di ricostruire tutti i livelli superiori, e fornisce una conoscenza esaustiva dei livelli più elevati.” [Mayr 2004 p74].

In altre parole il riduzionismo riposa sulla convinzione che ogni entità corrisponda esclusivamente alla somma delle singole parti. Mayr sottolinea che, mentre l'analisi ha prodotto in biologia delle importanti scoperte, prima su tutte la struttura del DNA, il riduzionismo è inadeguato relativamente allo studio dei sistemi complessi in quanto evita di prenderne in considerazione un elemento fondamentale, l'organizzazione: “nessuno riuscirebbe a inferire la struttura e la funzione di un rene neppure se gli venisse fornito l'elenco completo di tutte le molecole che formano tale organo.” [Mayr 2004 p75]. A maggior ragione per quanto riguarda il cervello, che è enormemente più complesso di un rene, sia dal punto di vista strutturale che da quello funzionale, si riesce a comprendere davvero molto poco fermandosi al livello molecolare. Mayr conclude che molte proprietà biologiche siano emergenti in senso empirico, ossia generate dall'interazione delle parti, pertanto, anche se da un punto di vista quantitativo non cambia nulla, dal punto di vista qualitativo emergono nuove proprietà, l'emergenza di caratteristiche qualitativamente nuove rappresenta la norma. Le riflessioni di Mayr rivestono per me interesse perché esplicitano, nell'ambito della biologia generale, le problematiche epistemologiche che rimangono implicite all'interno della letteratura neuroscientifica. Le conclusioni di Mayr possono essere

pienamente estese alle neuroscienze cognitive, consentendo di risolvere l'ingenuità epistemologica che ho riscontrato. In definitiva Mayr rifiuta il riduzionismo in quanto espressione del fisicalismo, e sostiene invece l'autonomia epistemologica della biologia, tuttavia mantiene l'importanza dell'analisi molecolare quale strumento che contribuisce alla comprensione del vivente: “Non possiamo comprendere i sistemi complessi se non per mezzo di un'analisi scrupolosa; tuttavia, anche le interazioni delle componenti devono essere prese in considerazione, alla stessa stregua delle proprietà delle componenti isolate.” [Mayr 2004 p36]. Questo perché un sistema biologico è caratterizzato da un numero così elevato di interazioni tra le parti, che si ricava solamente una spiegazione parziale dalla conoscenza delle proprietà delle sue componenti più piccole. Il sistema nervoso, con la sua complessità elevatissima e il suo continuo interagire delle sue parti tra di loro e con il corpo e con l'ambiente esterno e con altri organismi viventi, è un esempio perfetto di oggetto studiabile attraverso l'impostazione data da Mayr, che non è riducibile alle scienze dure, la fisica e la chimica. Questo aspetto, che implica l'autonomia epistemologica della biologia, è l'aspetto centrale del discorso che sto proponendo: le neuroscienze sono nel dominio epistemologico della biologia, non delle cosiddette scienze dure, nemmeno delle cosiddette scienze morbide. Questo è dovuto al fatto che, mentre a livello molecolare è possibile analizzare e ridurre le proprietà di una cellula alle sue componenti chimiche, la funzione, intesa come ruolo biologico, delle proprietà dipende dalla situazione. E quindi, anche se si conoscono i meccanismi che guidano i neuroni a formare sinapsi, non è possibile stabilire con precisione a priori quali sinapsi si formeranno, perché questo dipende dalle esperienze di vita di un organismo. Pertanto, se l'indagine è puramente fisiologica, la ricerca rimane nel campo delle scienze dure/esatte, quando invece l'indagine riguarda le neuroscienze cognitive, nel mio caso l'apprendimento, e dunque il modificarsi del cervello in seguito a degli eventi, la ricerca assume connotati storici. Mentre la fisiologia continuerà a studiare la plasticità neurale, lo studio dell'apprendimento in quanto funzione cerebrale, pur tenendo in considerazione i risultati provenienti dalla fisiologia, è opportuno che tenga conto anche delle scienze dell'educazione. Più in generale, le neuroscienze della cognizione e dell'apprendimento, il quinto

livello di ricerca, sono paragonabili da un punto di vista epistemologico alla biologia dell'evoluzione. La biologia dell'evoluzione differisce profondamente dalle scienze esatte in quanto si occupa di fenomeni unici, non esistono infatti leggi in biologia evoluzionistica [Mayr 2004]. Lo studio dell'evoluzione è lo studio della storia dei viventi, non procede per esperimento ma per ricostruzione: a partire dagli elementi di cui si dispone si costruisce una narrazione storica, che viene in seguito corroborata o falsificata da successive scoperte. In questo tipo di biologia si procede per confronti, si confrontano sistematicamente fenomeni simili, per distinguere l'elemento accidentale, sempre presente, dalle costanti, che però non assumono mai la predittività di leggi. In maniera del tutto analoga procede lo studio dello sviluppo del cervello, che, come ho già detto, è di natura storica in quanto dipende da una serie di eventi che costituiscono le esperienze di vita di ciascun individuo. La storicità delle neuroscienze cognitive non esclude affatto il metodo del confronto, ossia di mettere in relazione i vari sviluppi cerebrali in seguito a simili esperienze di vita, anzi è proprio questo confronto a consentire la generalizzabilità delle scoperte. Le neuroscienze dell'apprendimento sono lo studio dell'evoluzione del cervello, in senso ontogenetico e non filogenetico.

Riprendendo i cinque livelli di ricerca elencati all'inizio del paragrafo, ogni livello tiene in considerazione le scoperte del livello precedente, che fungono da base epistemologica, con il primo livello, quello molecolare, a fungere da fondamenta in qualità di ricerca fisico-chimica, mentre gli ultimi due livelli, quello comportamentale e quello cognitivo, entrano nel dominio delle scienze morbide. I livelli non si esauriscono nel livello precedente, a causa del fallimento della strategia riduzionista, e ciascun livello è caratterizzato da una maggiore complessità di elementi, che implicano un maggior numero di interazioni quindi di proprietà emergenti, e anche un più diffuso ruolo del caso, una maggiore incidenza di eventi accidentali; quindi in definitiva, mano a mano che si sale di livello verso oggetti di studio sempre più complessi, l'indagine si allontana progressivamente dal paradigma delle scienze fisico-chimiche. L'unicità epistemologica della biologia sta, secondo Mayr, nella sua posizione intermedia tra scienze dure e scienze morbide: “Se cercassimo di tracciare una linea di confine tra le scienze esatte e le scienze dello spirito, vedremmo che tale linea

attraversa il cuore stesso della biologia” [Mayr 2004 p34]. Questa posizione epistemologica è anche una grande forza della biologia: essa è un ponte di collegamento tra scienze umane e naturali. Le neuroscienze, in special modo, si occupano di argomenti cari alla filosofia, alla psicologia, alla pedagogia. Tali caratteristiche epistemologiche portano le neuroscienze ad essere una scienza di confine, interdisciplinare, e tendono a sfumare la vecchia divisione tra scienze umane e naturali: per quanto ogni disciplina rimanga ben circoscritta grazie ai propri metodi e ai propri oggetti di studio, nell'ambito neuroscientifico è possibile avviare un dialogo tra discipline che conduca ad un aumento di ricchezza conoscitiva e, soprattutto, a delle reciproche conferme.

La particolare posizione epistemologica delle neuroscienze presenta alcune conseguenze di cui è importante tenere conto quando si studiano apprendimento e cognizione.

Anzitutto la ricerca su apprendimento e cognizione si muove sul quinto livello, grazie all'analisi è parzialmente riducibile al livello quattro, per esempio quando si descrive la formazione di nuove skills in termini di riorganizzazione di mappe neurali, è ulteriormente parzialmente riducibile al terzo livello, ad esempio il ruolo delle amigdale nella reazione emotiva; al di sotto di questo livello c'è la fisiologia, che individua un medesimo correlato neurale per apprendimento e cognizione, ossia la plasticità neurale. Vista la complessità delle interazioni che avvengono a livello cerebrale, date le variabili individuali sia genetiche sia ambientali, quando si studia il fenomeno apprendimento/cognizione negli esseri umani ci si trova sempre davanti a casi particolari, mai del tutto ripetibili. La sperimentazione non ha praticamente nessun peso a questo quinto livello di ricerca: il lavoro di laboratorio in neuroscienze cognitive consiste nel monitoraggio, con le tecniche di neuroimmagine che ho elencato precedentemente, dell'attività cerebrale, e quindi nel continuo confronto tra comportamento ed esperienza da un lato e attività cerebrale dall'altro. Riuscire ad individuare la relazione tra attività cerebrale e attività mentale, intesa sia come esperienza soggettiva sia come comportamento, costituisce il campo di studio caratterizzante delle neuroscienze cognitive. Una volta individuati questi correlati è possibile operare riduzioni di livello: in linea di principio ridurre completamente un certo tipo di attività mentale a dei precisi

meccanismi cerebrali, individuati grazie a ricerche svolte su livelli più bassi, oppure, nei casi effettivi dove la riducibilità non sia completa, indicare quegli stessi meccanismi come la parti dalla cui attività concertata emerge quel dato tipo di attività mentale. Dal momento che la riducibilità completa e univoca dell'apprendimento non è possibile, tutte le teorie dell'apprendimento in ambito neuroscientifico sono interpretazioni diverse dei dati provenienti dai livelli di ricerca che studiano le parti più piccole del sistema nervoso.

La tendenza dei neuroscienziati a ridurre, ad essere fisicalisti, dipende dalla maggiore solidità epistemologica della neurofisiologia, ossia dei primi livelli di indagine. In ogni caso le neuroscienze di livello cinque non presentano la medesima forza epistemologica delle scienze dure perché non si riesce ad interpretare i dati neuroscientifici in modo univoco e completo così da produrre teorie della mente che vadano oltre l'emergentismo. Certo la possibilità di trattare apprendimento e cognizione come fenomeni emergenti consente di avvalersi dell'analisi dei tessuti cerebrali, limitando così le interpretazioni possibili. Considerate queste premesse è fondamentale tenere presente che i fenomeni emergenti sono tali in quanto non completamente prevedibili, pertanto ritenere la conoscenza propria delle neuroscienze cognitive come un sapere di tipo nomologico-deduttivo sarebbe un pregiudizio scientifico. Purtroppo ci sono state numerose occasioni in cui affermazioni basate su studi neuroscientifici sono state utilizzate come veri e propri pregiudizi scientifici. Ora non ho intenzione di citare con precisione tutta la casistica, non si merita una citazione. Basti questo: studi neuroscientifici sono stati sfruttati per sostenere che le popolazioni africane siano meno intelligenti delle altre; che gli uomini siano più intelligenti delle donne, che le donne siano più intelligenti degli uomini; che vari impieghi siano più adatti cerebralmente a certe categorie di persone, e parallelamente che certi comportamenti siano tipici di certe categorie e che tutto questo dipenda dal loro cervello. Mi fermo qui. Sono tutte delle stupidaggini. Dimostrano due cose: che il concetto di modificabilità cerebrale non è ancora entrato nelle nostre culture, e che prevedere le qualità umane in quanto casi di una legge significa solo ragionare per stereotipi[42].

42 Il punto principale qui è il seguente: tutte le differenze di comportamento hanno dei correlati neurali, i comportamenti appresi hanno dei correlati neurali, il cambiamento di

All'interno delle neuroscienze della cognizione e dell'apprendimento è coerente seguire un approccio interpretativista, mirato ad individuare le condizioni che rendono possibile un fenomeno, quindi definendo enunciati di possibilità, e individuando tipi ideali, ossia le costanti riscontrate confrontando gli eventuali elementi ricorrenti. Di certo gli enunciati di possibilità sostenuti sia dallo studio del comportamento, sia dal monitoraggio dell'attività cerebrale e delle relative modificazioni, presentano il vantaggio di incorporare degli elementi di analisi che fungono da spiegazione causale. In tal modo la solidità epistemologica delle neuroscienze cognitive risulta maggiore rispetto a quegli studi che tralasciano l'aspetto biologico, e questo si estrinseca in un alto livello di probabilità delle interpretazioni neuroscientifiche. Ovviamente le ricerche svolte utilizzando esclusivamente i metodi delle scienze sociali possono presentare una grande solidità e predittività. Infatti il valore aggiunto di una ricerca di confine come le neuroscienze cognitive risiede principalmente nella elevata completezza epistemologica. Intendo tornare sull'argomento alla fine del capitolo. Adesso mi preme una nota conclusiva: lo studio della biologia del cervello apre nuovi percorsi euristici, non va usato per chiudere il dialogo tra discipline, non sarebbe giustificato, piuttosto esso ha un grande potere di generare *aletheia*, nuove verità, nuovi discorsi.

2.2.2 il superamento del dualismo natura-cultura

“Natura e cultura diventano una cosa sola durante lo sviluppo, e il confine fra organico e funzionale si è dissolto in ciò che ora indichiamo come plasticità esperienza dipendente.” [Cozolino, 2008 p83]

---

comportamento modifica il cervello. Pertanto osservare direttamente il cervello e affermare deterministicamente che il comportamento è tale a causa del cervello stesso, significa non aver compreso che il sistema nervoso si modifica in continuazione. Un secondo punto rilevante: se ci sono delle differenze di comportamento e abilità, esse dovrebbero essere riscontrabili osservando le persone, e non osservando l'attività cerebrale, la quale, priva della correlazione con il comportamento stesso, non è di per se funzionalmente comprensibile.

Per chi si occupa di neuroscienze cognitive la contrapposizione natura/cultura non ha alcun significato. Vedere la cultura in perfetta continuità con la natura è la concezione di fondo che consente lo studio biologico dell'apprendimento. Un passo importante verso questa visione unitaria di natura e cultura fu compiuto da Stephen Colvin, professore di psicologia dell'educazione alla University of Illinois, che nel testo *The Learning Process*, opera eccellente ma poco conosciuta in Italia, scriveva: “As a fundamental biological phenomenon, memory signifies the modification of an organism by contact with its environment. In this way it lies at the very basis of the learning process" [Colvin, 1911 p128] La memoria, senza la quale non potrebbe darsi cultura, è un fenomeno biologico di auto-modificazione degli organismi. Parallelamente a Colvin, Dewey sosteneva che ogni forma di vita negli organismi superiori conserva costantemente alcune conseguenze delle sue precedenti esperienze, e che le decisioni che si compiono, il corso delle nostre azioni, sono in larga misura dipendenti dall'ambiente che ci modifica e ci stimola a rispondere. In *Experience and Nature* Dewey afferma che ogni spirito è in connessione con un qualche corpo organizzato, e che ogni corpo esiste in un ambiente naturale con cui intrattiene relazioni di adattamento. In questo modo Dewey tentava di risolvere il dualismo cartesiano[43] con la nozione di psico-fisico, ossia sostenendo che lo psichico sia una qualità del fisico; qualità che non è disponibile all'inanimato. Quindi è fuorviante immaginare che vi sia una qualche forza metafisica al fine di giustificare la presenza dell'anima. Piuttosto la sensibilità e l'anima sono delle proprietà che dipendono dall'organizzazione di un organismo: “Ogni volta che le attività delle parti costitutive di uno schema organizzato di attività sono di natura tale da condurre alla perpetuazione dell'attività schematizzata, esiste la base per la sensibilità.” Questa affermazione deweyana, contenuta in *Experience and Nature*, precorre il pensiero di Bateson e di Maturana e Varela.

Il contributo di Bateson è fondante per le neuroscienze dell'apprendimento, in quanto pone in relazione evoluzione e apprendimento, in qualità di due processi

43 Il binomio 'dualismo cartesiano' viene spesso utilizzato per indicare la frattura tra spirito e fisico presente nel pensiero occidentale. É stato Antonio Damasio in *L'errore di Cartesio* a popolarizzarne l'uso, riferendosi ovviamente alla suddivisione della realtà in res cogitans e res extensa.

stocastici finalizzati alla sopravvivenza dell'organismo attraverso l'adattamento all'ambiente, e vede l'apprendimento come l'aspetto flessibile dell'adattamento. Per Bateson era chiaro che l'evoluzione e l'apprendimento dovessero conformarsi alle stesse regolarità e meccanismi.

In *Mind and Nature* Bateson sostiene che tanto l'evoluzione quanto l'apprendimento, inteso come una tipologia di adattamento somatico indotto dall'abitudine e dall'ambiente, siano processi stocastici. Bateson è convinto che in entrambi i casi vi sia un flusso casuale di eventi seguito da un processo selettivo non casuale che fa sì che alcune componenti sopravvivano più a lungo di altre: la selezione naturale agisce eliminando le alternative sfavorevoli sotto il profilo della sopravvivenza. Nel complesso tale processo favorisce le alternative innocue e benefiche. Analogamente, afferma Bateson, i processi mentali generano un gran numero di alternative, sulle quali agisce una selezione operata da qualcosa di simile a quello che i comportamentisti chiamano rinforzo.

Il cambiamento evolutivo e quello somatico, compreso l'apprendimento, condividono dunque una natura stocastica. Questi due grandi sistemi stocastici interagiscono: un sistema è dentro l'individuo ed è chiamato apprendimento; l'altro è proprio delle popolazioni ed è definito evoluzione. L'unità dei due sistemi è necessaria ai fini della sopravvivenza. Bateson enfatizza il fatto che i due sistemi lavorino in sinergia. Infatti, per quanto i tratti acquisiti non si trasmettano per via genetica da una generazione all'altra, non è difficile immaginare sequenze in cui la selezione naturale favorisca gli individui il cui genotipo abbia consentito i cambiamenti somatici che sono risultati maggiormente adattivi. In termini di sopravvivenza è vantaggioso che un cambiamento somatico non si fissi immediatamente nei geni, si tratta infatti di un vantaggio in termini di flessibilità: l'adattamento a condizioni variabili e reversibili è attuato molto meglio dal cambiamento somatico. Le modificazioni adattive a livello genetico, evolutivo, sono vantaggiose solo di fronte a condizioni ambientali costanti. Qualora le condizioni ambientali rimangano le stesse per numerose generazioni è probabile che la selezione naturale premi gli individui dotati dei geni che reagiscono all'ambiente formando i fenotipi che vi si adattano meglio. In altre parole il cambiamento genetico modificherà i livelli di tolleranza al cambiamento somatico.

In questo modo i due sistemi stocastici si combinano continuamente tra loro. Nel primo sistema, l'evoluzione, la casualità è data dalla ricombinazione e dalla mutazione genetica. Nel secondo sistema, l'apprendimento, la componente casuale è data dall'interazione tra fenotipo e ambiente. Organismo e ambiente presi insieme diventano imprevedibili, né l'organismo né l'ambiente contengono informazioni che permettano all'uno di conoscere la mossa successiva dell'altro. In sintesi la combinazione di fenotipo e ambiente costituisce la componente casuale del sistema stocastico che propone il cambiamento, mentre lo stato genetico dispone, permettendo alcuni cambiamenti e impedendone altri: è la genetica che limita i cambiamenti somatici, rendendone possibili alcuni e impossibili altri. L'organismo individuale è capace di cambiamenti somatici adattivi, la popolazione conserva, tramite la selezione naturale, i cambiamenti che vengono trasmessi alle generazioni future. Oggetto della selezione diventano quindi le potenzialità del cambiamento somatico. Anche se l'apprendimento o l'adattamento somatico non possono modificare direttamente il DNA, essi sono adattivi e creano un contesto per il cambiamento genetico.
Secondo Bateson il pensiero è caratterizzato da un sistema analogo. Egli vede il parallelismo tra l'evoluzione biologica e la mente, anche la mente è un sistema stocastico. Bateson riprende dall'*Introduzione alla cibernetica* di Ross Ashby l'idea che il processo creativo debba sempre contenere una componente casuale, secondo Ashby nessun sistema può produrre niente di nuovo a meno che non contenga una sorgente di casualità. I processi esplorativi, il procedere per prove ed errori del progresso della mente, possono giungere a nuove conquiste solo affidandosi al caso e mettendo alla prova i risultati, scartando i non adatti in un meccanismo analogo alla sopravvivenza. Il processo creativo è quindi fondamentalmente stocastico. La genesi di nuove idee dipende dalla ricombinazione e dalla variazione delle idee che già si possiedono. L'esperienza, imponendo cambiamenti nel comportamento e nel corpo, crea quella relazione tra organismo e ambiente che viene definita adattamento. Bateson stabilisce così l'unità tra vita e mente, tra evoluzione e apprendimento.
Portando avanti queste riflessioni si è giunti a parlare di plasticità ereditaria o, più esattamente, plasticità transgenerazionalmente estesa [Lamm, Jablonka 2008], ad

indicare che l'evoluzione della specie, filogenesi, e lo sviluppo dell'individuo, ontogenesi, non sono processi separati, bensì continui e caratterizzati da comunanza di meccanismi, come spiegherò quando tratterò il pensiero popolazionistico.
Si possono dunque distinguere tre processi: l'evoluzione, lo sviluppo ontogenetico e l'apprendimento. Per quanto tali processi siano diversi dal punto di vista temporale, sono tutti e tre responsabili della specificazione dell'architettura cerebrale. Pertanto possono essere considerati le condizioni per l'acquisizione della conoscenza. Come afferma Singer [Singer, in Battro et al. 2008] il sistema cerebrale, grazie a questi tre processi, è in grado di apprendere riguardo alle contingenze dell'ambiente, e può immagazzinare la conoscenza nella propria architettura. La conoscenza è utilizzata per formare ipotesi informate a proposito delle proprietà e delle caratteristiche dell'ambiente in cui l'organismo si evolve e, grazie alla plasticità, l'architettura funzionale del cervello può adattarsi all'ambiente in cui l'organismo nasce e si sviluppa. Secondo questa prospettiva l'apprendimento si salda alla filogenesi e all'ontogenesi diventandone il completamento.
Quindi, costruendo sulle idee di Bateson che colgono le analogie tra evoluzione e apprendimento, la cultura è un adattamento somatico che avviene in forza della socializzazione, ovvero a causa del contatto con persone che già presentano un simile adattamento somatico. Secondo questa visione le strutture mentali sono le costanti biologiche che si formano attraverso l'esperienza, nel senso che rimangono aperte all'esperienza pur avendo base genetica.
Vedendo l'apprendimento come forma di adattamento, grande importanza assume l'ambiente a cui ci si adatta, se si analizzassero i cambiamenti mentali e cerebrali senza un continuo confronto con il contesto in cui avvengono si cadrebbe nel riduzionismo.
Lo studio fisiologico del cervello ha infatti permesso di capire molto riguardo alla memoria, invece spiegare l'apprendimento è tra gli obbiettivi primari delle neuroscienze cognitive. In altre parole le neuroscienze cognitive tentano di studiare la memoria contestualizzandola: come si modifica un cervello hic et nunc, e che differenze ci sono nei confronti di un altro cervello nel medesimo contesto e

dello stesso cervello in un altro contesto.

L'apprendimento, così come l'evoluzione, è un processo emergente. Maturana e Varela, attraverso il concetto di autopoiesi, giungono a risultati simili a quelli di Bateson, saldando l'apprendere al vivere. Maturana e Varela danno enfasi al fatto che un sistema vivente sia definito dalla sua organizzazione e che possa essere spiegato in termini di relazioni degli elementi che lo compongono. L'autopoiesi è l'organizzazione caratteristica di tutti i sistemi viventi, secondo Maturana e Varela ogni organismo è costituito da un insieme di parti organizzate in modo tale da auto-produrre la propria organizzazione: i sistemi viventi entrano in relazione tra loro, e con il mondo esterno, venendo perturbati, quindi reagiscono alle perturbazioni, modificando le relazioni interne tra le parti che li costituiscono, in modo tale da mantenere la propria organizzazione auto-perpetuantesi. In organismi complessi, dotati di sistema nervoso, il modo principale di mantenere l'autopoiesi consiste nel modificare il proprio sistema nervoso, e quindi il proprio comportamento, la propria mente.

Il problema di fondo che si pongono Maturana e Varela è cosa sia la cognizione. La loro risposta è che sia un fenomeno indissolubile dalla vita: vivente e cognitivo sono due predicati implicantisi in quanto il vivente si modifica, la modificazione autopoietica è l'apprendere, e la cognizione è indissolubile dall'apprendimento: se non c'è alcun cambiamento non c'è cognizione. Maturana afferma che i sistemi viventi sono caratterizzati da metabolismo, dalla crescita e dalla replicazione, il tutto organizzato in un processo circolare causale chiuso, che permette l'evoluzione e l'apprendimento fintantoché la circolarità è mantenuta. L'organizzazione circolare rende ogni sistema vivente un'entità di interazioni, pertanto il sistema ha bisogno di mantenere la circolarità per rimanere vivo e per conservare la sua identità durante le interazioni con il mondo esterno. Per far questo il sistema si adatta all'ambiente, ovvero si modifica in modo da evitare le interazioni lesive della circolarità. Il cambiamento evolutivo dei sistemi viventi è il risultato della loro organizzazione e assicura il mantenimento della propria circolarità. Ad ogni passo riproduttivo avvengono cambiamenti nel modo in cui la circolarità è mantenuta, questi cambiamenti sono l'evoluzione delle specie. L'apprendimento invece è concepito da Maturana e Varela come la modificazione

delle relazioni tra gli elementi che compongono un organismo, modificazione funzionale al mantenimento dell'organizzazione circolare auto-perpetuantesi dell'organismo stesso. Questa trasformazione è un processo storico, ogni sistema vivente è in un continuo processo di divenire. Dunque l'apprendimento non è un processo di accumulazione di modificazioni, è un processo di trasformazione delle interazioni interne di un organismo.
Il pensiero di Maturana e di Varela è solidamente basato su di una epistemologia fenomenologica, come dimostrato da una delle loro frasi più celebri: “Tutto ciò che è detto è detto da un osservatore” [Maturana, Varela 1980 p53]. La ragione di questa posizione va rintracciata negli studi sulla percezione nei piccioni, di cui Maturana si occupò negli anni sessanta. Egli si rese conto che non era possibile studiare la neurofisiologia della percezione relazionandola direttamente al mondo esterno, perché non vi è corrispondenza perfetta tra attività cerebrale e realtà esterna; al contrario confrontando l'attività cerebrale con l'esperienza percettiva vi è esatta corrispondenza. Di qui l'adozione di una visione fenomenologica: l'attività neurale è sempre correlata all'esperienza soggettiva e agli stati interni dell'organismo. Tratterò l'approccio fenomenologico più approfonditamente nelle prossime pagine.
Il superamento del dualismo natura/cultura si è esteso anche al campo della genetica umana. La visione deterministica, che afferma che il genotipo determina completamente il fenotipo, ha dimostrato di essere una iper-semplificazione. Al contrario vi sono genetisti vicini a posizioni emergentiste, che concepiscono una relazione di tipo ricorsivo, e quindi storica, tra genotipo e fenotipo. Tra questi Richard Lewontin, genetista e biologo evoluzionista, ha criticato con forza il determinismo genetico. Lewontin esclude che studiando i singoli geni sia possibile prevedere esattamente le caratteristiche fenotipiche: i geni interagiscono tra loro e con l'ambiente, e l'interagire contribuisce a formare non solo il fenotipo ma anche lo stesso ambiente a cui ciascun organismo si adatta a vivere. Lo studio della genetica del comportamento si configura pertanto come studio delle relazioni che caratterizzano il periodo in cui geni e ambiente interagiscono nel creare il fenotipo. Ecco che l'espressione dei geni, appartenenti al dominio della natura, avviene sempre attraverso interazioni storiche, in parte accidentali, e ricorsive tra il

genoma e il mondo esterno, ivi compresi i rapporti sociali e gli ambienti antropizzati. Pertanto si assiste sempre ad una mediazione culturale dell'espressione genica.

Lewontin sottolinea che quando i biologi parlano dei geni come programmi e del DNA come informazione, in realtà si stanno basando sulla metafora cartesiana del mondo come macchina. Tale metafora è fondamentale per la scienza moderna, ma è tutt'altro che calzante per quanto riguarda la biologia. Si consideri il problema dello sviluppo, per esempio. Sviluppare significa etimologicamente svolgere o srotolare qualcosa di preformato; la biologia che accetta la metafora della macchina concepisce lo sviluppo esattamente in senso etimologico, sviluppo è lo svolgersi del programma scritto nei geni. Ma, fa notare Lewontin, nei geni non c'è scritto proprio nulla: ciascuno di noi ha iniziato a vivere come singola cellula, ciascuno è diventato quello che è adesso attraverso una serie di divisioni cellulari, attraverso la differenziazione, i movimenti dei tessuti e le interazioni complesse di una serie di organi. Per spiegare come tutto questo avvenga è necessario guardare oltre i geni. Lewontin critica il fatto che l'interesse dei biologi dello sviluppo si focalizzi sull'insieme di meccanismi comuni a tutti gli individui e preferibilmente a tutte le specie. Ovviamente questi elementi comuni devono essere interni all'organismo, e non accidentali. Si ritiene che tali elementi siano i geni: il DNA è auto-replicante, e opera la sintesi delle proteine che costituiscono gli enzimi e gli elementi strutturali dell'organismo, dunque, seguendo quest'idea, qualora si trovassero tutti i geni che forniscono le istruzioni del programma, si dovrebbe sapere tutto sullo sviluppo di un organismo. La vita è vista come una sequenza regolare di fasi attraverso le quali un sistema in via di sviluppo deve passare. In questa concezione l'ambiente è un elemento di sfondo: fornisce le condizioni perché i geni possano esprimersi o meno, devono esistere delle condizioni ambientali minime che consentano lo svolgimento delle fasi programmate internamente. Questa teoria dello sviluppo come svolgimento di un programma genetico predeterminato influenza la spiegazione delle variazioni che si manifestano tra gli organismi: la variazione è dovuta a mutazioni genetiche che hanno effetti importanti sullo sviluppo. Tutte le differenze, di temperamento, del possesso di speciali abilità fisiche e mentali, di salute e di potere sociale,

verrebbero così spiegate con la genetica.

Per Lewontin il problema della concezione dello sviluppo come programma genetico è che si tratta di cattiva biologia. Anche disponendo dell'intera sequenza del DNA di un organismo e di una capacità di elaborazione illimitata, non sarebbe comunque possibile elaborare quell'organismo, perché un organismo non si elabora solo dai suoi geni. È vero che due specie sono diverse perché hanno geni diversi, e non è necessario chiamare in causa altri fattori. Tuttavia, per quanto riguarda i singoli individui, esiste un'ampia serie di prove a dimostrazione che l'ontogenesi di un organismo è la conseguenza di un'interazione unica tra i geni di cui è portatore, la sequenza di ambienti esterni con cui entra in contatto nella sua vita e le interazioni molecolari casuali all'interno delle singole cellule. Lewontin [2000] cita come esempio un esperimento in cui 7 piante di *Achillea millefolium* sono state divise in tre parti, in seguito una parte di ciascuna pianta è stata coltivata a livello del mare, una parte oltre i 3000 metri di altitudine e una parte ad altitudine intermedia di 1400 metri. I cloni si sono sviluppati in maniera molto diversa alle tre diverse altitudini: non ve ne era uno che produceva sempre piante alte o sempre piante basse. Non era possibile chiedersi quale genotipo producesse la miglior crescita, senza specificare l'ambiente in cui lo sviluppo era avvenuto. Si parla pertanto di *norme di reazione*: un genotipo non dà luogo ad un unico tipo di sviluppo ma ad una norma di reazione, uno schema di diversi tipi di sviluppo in ambienti diversi. La maggior parte dei genotipi hanno norme di reazione che seguono schemi complessi e si intrecciano in modo imprevedibile. Esperimenti analoghi sono stati condotti sul famoso moscerino della frutta, *Drosophila melanogaster.*

La differenza tra ambiente, inteso come semplice condizione favorevole o sfavorevole, e norma di reazione risulterà importante quando si parla, per esempio, di quoziente intellettivo. La concezione dello sviluppo come programma genetico classifica i fattori ambientali secondo la dicotomia: favorevole/sfavorevole. Un ambiente povero è sfavorevole, uno ricco è favorevole. In tale ottica l'unica spiegazione logica del perché una persona abbia un alto quoziente intellettivo nonostante un ambiente sfavorevole è che geneticamente sia portata ad avere un alto quoziente intellettivo, ma ne avrebbe uno ancora più alto

se fosse vissuta in un ambiente favorevole. Adottando le norme di reazione si ritiene invece che ogni genotipo abbia un ambiente ideale, ossia in cui sviluppi una caratteristica fenotipica in maniera più compiuta che in tutti gli altri ambienti, ma non è probabile che l'ambiente ideale sia uno solo per tutti i genotipi.

Queste affermazioni provenienti dall'ambito della genetica umana si accordano con le idee di Feuerstein: i geni di cui siamo portatori contribuiscono a plasmare le capacità cognitive, ma non le determinano, e se le nostre capacità di apprendimento e di pensiero non sono adeguate è plausibile che un diverso ambiente di apprendimento possa provocare reazioni diverse e quindi livelli di funzionamento diversi.

2.2.3 il pensiero popolazionistico e le sue implicazioni

Fino a qui ho riportato diverse riflessioni che conducono tutte a concepire la dimensione culturale in continuità con quella naturale. Ora intendo spiegare quali sono i meccanismi comuni che legano natura e cultura tra loro a livello di mente-cervello.

Se natura e cultura esistono in continuità significa che vi è un processo che conduce dai geni alla memoria. La memoria, tanto quella dichiarativa quanto quella procedurale, consiste nella modificazione di sinapsi. La questione quindi diventa: visto che i geni non contengono le informazioni che guidano la formazione di sinapsi, come si passa dai geni alle sinapsi?

Con il *darwinismo neurale* Gerald Edelman fornisce un modello in grado di descrivere in quale modo i meccanismi bio-chimici alla base della plasticità cerebrale formano le mappe neurali, dando così origine a tutte le forme di memoria, quindi anche alle capacità acquisite e in generale a tutto quello che va sotto il nome di cultura. I meccanismi bio-chimici che alterano la forza sinaptica hanno base genetica, come spiegherò alla fine del capitolo. Il darwinismo neurale si presenta come una teoria biologica della conoscenza. Edelman fonda le sue concezioni sull'evoluzionismo, termine con cui si designano tutte quelle teorie riguardanti "1) repertori variabili di elementi le cui fonti di variazione non hanno

una relazione causale con i successivi eventi di selezione o di riconoscimento; 2) opportunità di interagire con un ambiente che si modifica indipendentemente, consentendo la selezione di una o più variabili adatte ed, infine, per mezzo della trasmissione genetica; 3) strumenti di riproduzione differenziale o di amplificazione delle varianti selezionate in una popolazione" [Edelman 1987 p12]. L'evoluzionismo ha introdotto il pensiero popolazionistico nello studio del cervello. Prima di questa innovazione concettuale non esisteva alcuna valida descrizione dei criteri che portano alla creazione di un cervello adulto a partire dalle istruzioni contenute nel DNA. Criteri che incuriosivano molto i ricercatori visto che non sembrano scritti completamente nel codice genetico: infatti, in seguito ad esperienze diverse, due individui geneticamente uguali presentano cervelli notevolmente differenti. Il pensiero popolazionistico spiega dunque come si formano le caratteristiche del singolo sistema nervoso. L'idea di fondo è considerare i neuroni a stregua di una popolazione, i vari gruppi di neuroni come gruppi di individui, il corpo umano come l'ambiente ospitante tale popolazione. I gruppi di neuroni che si comportano in un determinato modo prosperano, mentre altri, in concorrenza con i primi, muoiono perché incapaci di prestazioni analoghe, pertanto vengono scartati da un meccanismo di selezione definita somatica. Tipicamente i neuroni che sono tagliati fuori da sinapsi frequentemente ed efficacemente usate, si atrofizzano, o meglio non si sviluppano, mancano di nutrimento, assorbito da gruppi di neuroni più ramificati poiché più attivi, e muoiono. Qualora una sinapsi sia coinvolta in un processo dagli esiti positivi sarà rafforzata e più spesso coinvolta in altri processi, diversamente accadrà il contrario. In tal modo, sulla base delle molecole prodotte grazie alle istruzioni del codice genetico, si ricavano sia il cervello sia le mappe neurali, ossia sia l'anatomia sia la funzione. Secondo questa teoria il cervello, a livello neuronale, è un sistema selettivo che, partendo dall'impronta genetica, seleziona attraverso le connessioni elettriche e quelle biochimiche i gruppi di neuroni in grado di rispondere con efficacia e con frequenza agli input in arrivo dal corpo. Grazie alle istruzioni genetiche le varie aree del cervello sono funzionalmente simili in individui della medesima specie, ma differiscono nella morfologia neuronale e nelle ramificazioni assonali e dendritiche. Su tale base l'esperienza andrà a

selezionare le mappe neurali rafforzando le sinapsi coinvolte nei processi maggiormente adattivi: “La selezione è un processo competitivo nel quale un gruppo può effettivamente sottrarre delle cellule a dei gruppi vicini in seguito ad una modificazione differenziale dell’efficacia delle sinapsi.” [Edelman 1987 p53]. In realtà le potenzialità genetiche del cervello sono molto più ampie di quanto un individuo sia in grado di sfruttare durante l’esistenza; in virtù di una simile abbondanza gli esseri umani sono in grado di esibire comportamenti tanto diversi e plastici.

Una proprietà necessaria alla selezione dei gruppi neuronali è la degenerazione: è una caratteristica condivisa da tutti i sistemi selettivi. In tali sistemi esistono di regola molti differenti modi, non necessariamente identici in senso strutturale, mediante i quali si può manifestare un segnale in uscita. Questa proprietà è definita degenerazione. In pratica la degenerazione è costituita dalla capacità di componenti differenti per struttura di produrre comportamenti simili, e pertanto rivestire il medesimo ruolo biologico ovvero la medesima funzione. Senza di essa un sistema selettivo, per quanto ricco di varianti, non funzionerebbe: in una specie vivente le mutazioni sarebbero quasi sempre letali, mentre nel cervello, se fosse possibile un unico percorso a rete, il traffico dei segnali s’intaserebbe. Se non esistesse degenerazione allora i gruppi isomorfi sarebbero anche isofunzionali. In tal caso il cervello non sarebbe dotato di un numero sufficiente di gruppi neuronali: spesso gli input non raggiungerebbero i gruppi adatti a rispondervi in maniera efficace.

Un gruppo neuronale è un insieme di cellule neurali, non necessariamente dello stesso tipo e compreso tra le centinaia e le migliaia di unità, strettamente connesse nei loro circuiti, le cui interazioni sono rafforzabili tramite incremento di forza sinaptica. Il gruppo può essere plasmato da variazioni di stimoli in entrata, dalla competizione con altri gruppi e dalla qualità delle reazioni. Le modificazioni dei gruppi avvengono principalmente a livello delle sinapsi, solo secondariamente a livello anatomico. Si definisce *repertorio primario* “un insieme eterogeneo di gruppi neuronali le cui connessioni estrinseche e le cui potenzialità in una certa area cerebrale si stabiliscono in parte durante l’ontogenesi e lo sviluppo.” [Edelman 1987 p54]. In altre parole è la base operativa a partire dalla quale

l'esperienza seleziona le disposizioni cerebrali di ciascun individuo.

L'azione combinata di sviluppo ed esperienza agisce a molteplici livelli: numerosi gruppi neuronali sono raggiunti da stimoli costituiti da un segnale in entrata, dunque reagiscono ad essi esibendo un segnale in uscita, il quale avrà effetti più o meno adattivi, i gruppi in grado di offrire il maggior numero di risultati adattivi sono rafforzati. Il problema è stabilire in cosa il gruppo selezionato tramite rafforzamento sia diverso dagli altri e di qui determinare quali caratteristiche verranno selezionate. Edelman indica otto livelli fondamentali di variazione, essi sono: 1° tratti genetici e processi primari dello sviluppo, come divisione, migrazione, differenziamento e morte cellulare; 2° variazione nella morfologia cellulare, forma e dimensione della cellula, arborizzazioni dendritiche e assonali; 3° variazioni nei modelli di connessione, collegamenti con altri neuroni locali o a lungo raggio, con relative sovrapposizioni; 4° variazione nella citoarchitettura, in particolare nelle caratteristiche della membrana; 5° variazione nei neurotramettitori; 6° variazione nelle proprietà elettriche; 7° variazione nel trasporto neurale; 8° variazione nell'interazione con le glia. A completare il quadro della teoria della selezione dei gruppi neuronali vi è il fenomeno del rientro, che garantisce la possibilità di una coordinazione tra i vari gruppi cerebrali e quindi la formazione di un *repertorio secondario* costituito dal rinforzo delle sinapsi dipendente dall'esperienza. Nel cervello non esiste un'area coordinatrice, di conseguenza si solleva il problema di come possano correlarsi tra loro i vari gruppi di neuroni. Le varie aree cerebrali sono collegate da numerosissime vie di connessione, la maggior parte delle quali presenta fibre che decorrono in entrambe le direzioni, queste sono il principale fondamento strutturale del rientro. Grazie alla bidirezionalità delle connessioni e grazie al fatto che le varie aree cerebrali sono connesse ciascuna a numerose altre, i segnali già elaborati rientrano verso i siti che li hanno originati. In tal modo un segnale rientrato può essere correlato al segnale immediatamente successivo, può coordinarsi ai segnali di altri gruppi neuronali che lavorano in parallelo, inoltre è disponibile a nuove funzioni associative.

Come agiscono dunque i meccanismi molecolari tramite i quali i neuroni e le glia interagiscono creando il repertorio primario?

Le molecole responsabili di tali meccanismi sono conosciute come CAM, acronimo

di Cellular Adhesion Molecules, e come SAM, Substrate Adhesion Molecules. Queste molecole di adesione uniscono le cellule in gruppi i cui confini sono definiti da CAM aventi diversa specificità. Esistono vari tipi di SAM e di CAM che si differenziano per caratteristiche e struttura. Di questi tipi, quattro sono coinvolti nella generazione delle forme cerebrali. Essi sono: L-CAM, dipendente dallo ione di calcio, e N-CAM, non dipendente dal calcio, queste due sono definite CAM primarie poiché compaiono precocemente durante l'embriogenesi delle cellule originate da tutti gli strati germinativi; Ng-CAM, che governa l'interazione neurone-glia e la SAM tenascina, implicata nello scorrimento dei neuroni sulle glia, queste ultime due sono molecole di adesione secondarie in quanto non rintracciabili nei primi stati dell'embriogenesi. La Ng-CAM è presente principalmente nei neuroni, la SAM tenascina è presente esclusivamente nelle cellule gliali. Tutte le CAM sono glicoproteine sintetizzate dalle cellule nelle quali esplicano la propria funzione; le L-CAM e le N-CAM sono le proteine intrinseche di membrana che si legano tramite meccanismi omofilici[44], in altre parole una CAM di una cellula si lega ad una CAM identica presente su una cellula adiacente. Dunque L-CAM e N-CAM non possono legarsi l'una all'altra, andando così ad operare la distinzione fondamentale tra i gruppi neuronali. Invece, per quanto riguarda le cellule gliali e la loro interazione con i neuroni, il meccanismo è eterofilico. Da quanto esposto sin qui, potrebbe sembrare che i meccanismi governati dalle CAM siano così schematici da poter essere completamente determinati alla nascita; in realtà il processo non è schematico, vi sono infatti tre ulteriori fattori che complicano la situazione: da un lato il fatto che siano le cellule a produrre le CAM e che la produzione risponda a cause ambientali oltre che genetiche; dall'altro che alcune sostanze chimiche interagiscano con le CAM modulandone gli effetti. Anche queste sostanze sono prodotte dalle cellule in relazione a condizioni ambientali. Infine, oltre ai normali meccanismi omofilici, N-CAM e L-CAM possono legarsi a molecole di adesione di matrice extracellulare come la già citata tenascina. In un simile processo biochimico di sviluppo, l'ambiente che si viene a formare all'interno del corpo è determinante. Edelman ritiene che i gruppi di neuroni siano formati da una reciproca interazione guidata dai legami chimici delle CAM i quali

44 Vedi capitolo 2 paragrafo 1.2

dipendono da condizioni in una certa misura accidentali, infatti vengono influenzati da molti fattori, per esempio dagli ormoni della gestante o dal nutrimento e simili. Il repertorio primario è il frutto della variazione casuale e della ricchezza biologica che ne consegue.

Mentre il repertorio primario è costituito dall'insieme dei gruppi neuronali; il repertorio secondario è formato dalle sinapsi. Proprio a livello sinaptico avviene la formazione di mappe neurali, ossia delle strutture cerebrali correlate alla mente e all'apprendimento. Esse si costituiscono in base all'efficacia del legame sinaptico. Pertanto, una volta identificati i meccanismi che rafforzano o indeboliscono tali legami, si sono potuti descrivere i processi che generano le mappe neurali. I meccanismi che stano alla base di questi processi possono essere solo di due tipi: presinaptico e postsinaptico[45].

Essi obbediscono a costanti di funzionamento piuttosto semplici: l'azione di rafforzamento presinaptica consiste in un aumento della probabilità del rilascio del neurotrasmettitore; se la media a lungo termine, tempi superiori ad un secondo, dell'efficacia presinaptica istantanea, determinata dal rilascio del neurotrasmettitore, supera una certa soglia, allora l'efficacia sinaptica minima per il rilascio viene assestata dalla cellula su un nuovo valore. In altre parole, più volte una sinapsi rilascia un neurotrasmettitore, più spesso tenderà a rilasciarlo. Dunque, qualora un potenziale d'azione percorra una serie di sinapsi, alcuni percorsi non determineranno effetti degni di nota, mentre altri ne produrranno e, grazie al rientro, saranno stimolati a produrne ancora; in virtù del rinforzo presinaptico ogni qualvolta un simile fenomeno accade aumentano le probabilità che accada di nuovo. Per quanto concerne il meccanismo postsinaptico le cose sono differenti: un certo numero di stimoli eterosinaptici che raggiungono un neurone ne determinano la modificazione dello stato dei canali ionici relativamente ad una sinapsi. Tale modificazione incide sul potenziale eccitatorio postsinaptico, è quindi in grado di modificare la probabilità che la parte della membrana che possiede la soglia di eccitazione più bassa generi un potenziale d'azione e lo trasmetta. Se un neurone è spesso bersagliato da stimoli che aumentano la capacità di una sua sinapsi di inoltrare gli stimoli ricevuti, verrà automaticamente

45 Sto qui riprendendo l'argomento del potenziamento della forza sinaptica implicato nella formazione di memorie.

creato un percorso privilegiato, ossia un percorso con maggiori probabilità di essere attivato. Tramite i due meccanismi qui esposti le connessioni sinaptiche si assestano durante l'intera vita, modificando costantemente il repertorio secondario. Sottolineo che la formazione delle mappe neurali avviene in concomitanza alla formazione del repertorio secondario: la materia prima attraverso cui prendono forma sia il repertorio secondario sia le mappe neurali è il repertorio primario: fin dagli stadi embrionali i neuroni si organizzano in mappe attraverso le connessioni sinaptiche, pertanto il repertorio secondario, che è costituito dalla popolazione sinaptica, deve la propria configurazione al processo di formazione delle mappe, ma è anche la fonte imprescindibile di tale processo.

In sintesi sulla base del darwinismo neurale Edelman propone un modello evoluzionistico della plasticità neurale.

Il darwinismo neurale quindi funge da modello concettuale di quell'insieme di processi che permettono l'adattamento somatico a livello cerebrale, per dirla alla Bateson, ovvero è il mezzo attraverso cui avviene l'autopoiesi nel cervello, per dirla alla Maturana e Varela, in ogni caso senza quei processi non esisterebbe alcuna forma di cultura.

Il darwinismo neurale ha delle implicazioni importanti per quanto concerne apprendimento ed educazione. Per prima cosa, dato che il cervello si modifica attraverso un processo costituito da meccanismi di variazione/selezione, ne consegue che anche l'apprendimento, in qualità di modificazione cerebrale adattiva, avviene attraverso quei medesimi meccanismi. Questo significa che un processo di variazione cieca e successiva selezione è alla base di ogni forma di apprendimento e di tutti i miglioramenti nell'adattamento da parte di un sistema al suo ambiente. Tale processo è l'unico modo naturale atto a spiegare l'incremento di complessità nell'adattamento di un sistema in relazione ad un altro. Il processo è composto di tre elementi: meccanismi che introducono variazioni, selezione dovuta a cause indipendenti dalla variazione, e meccanismi atti a preservare/propagare le variazioni selezionate. Ogni fenomeno che mostra un incremento di complessità nell'adattamento presenta anche i tre elementi appena elencati. Questa caratteristica ineliminabile dell'apprendere mal si accorda con l'idea, ancora troppo spesso alla base dell'educazione, che il sapere si trasmetta

da docente a discente. Il darwinismo neurale è in perfetto accordo con posizioni pedagogiche che vedano il discente quale attivo creatore del suo stesso sapere. Dunque il pensiero popolazionistico sostiene il costruttivismo, anche se non esattamente il costruttivismo di Piaget, che si presenta come troppo rigido per essere in perfetto accordo con la plasticità neurale. Invece sostiene perfettamente la parte costruttivista di Feuerstein che espande i limiti temporali rispetto a Piaget, portandoli oltre la fase dello sviluppo, e che non vede lo strutturarsi delle capacità cognitive come lo svolgimento di stadi prefissati di un programma: la plasticità neurale infatti agisce per tutto l'arco della vita, e il modo di modificarsi è di natura emergente, dipende dalle relazioni che l'organismo instaura con l'ambiente, pertanto, pur potendo essere ricondotto entro alcune regolarità, non si estrinseca mai nello svolgimento di un programma, persino a livello genetico è una reazione non del tutto prevedibile[46]. La mediazione in quest'ottica costituisce l'atto di indirizzare la selezione delle variazioni fornite dall'attività cerebrale sotto forma di alterazione della forza sinaptica. In altre parole la selezione è attivata dal rapporto organismo-ambiente, il mediatore si frappone tra discente, l'organismo, e gli stimoli esterni, organizzando così l'ambiente di apprendimento. Negli esseri umani, che nascono estremamente immaturi e sono dotati di un lunghissimo periodo di maturazione rispetto alle altre specie animali, l'interazione sociale è l'aspetto principale dell'ambiente che orienta la selezione. La mente umana è troppo complessa affinché, per tentativi ed errori a livello di connessioni sinaptiche, si possa ripercorrere l'intera storia delle idee e della cultura. Solo attraverso la selezione dettata dall'ambiente sociale è possibile aggregare progressivamente gruppi neuronali in modo che formino le mappe neurali proprie delle persone civilizzate. Questo progressivo plasmarsi del cervello, e dunque delle memorie, avviene per sviluppo prossimale. Vygotskij aveva visto giusto: il contesto culturale e storico riorganizza i processi neurobiologici attivando i meccanismi di selezione a livello sinaptico. La selezione avviene sotto forma di potenziamento/depressione di sinapsi, e modifica il cervello costantemente, anche se di poco alla volta.

Considerato quanto appena esposto, è logico concludere che, nella prospettiva

46 Assimilazione e accomodamento vengono riletti in questo contesto come fenomeni dipendenti rispettivamente dalla continuità/discontinuità della selezione sinaptica.

delle neuroscienze dell'apprendimento, costruttivismo e mediazione sono perfettamente congruenti. Inoltre le neuroscienze sociali hanno individuato una serie di aree cerebrali in grado di attivare il cervello in maniera empatica, ossia in modo da rispecchiare l'attivazione del cervello altrui. Queste strutture cerebrali, definite neuroni specchio per la loro caratteristica peculiare, consentono di imitare non solo il comportamento esterno dei nostri simili, ma anche di coglierne parzialmente emozioni e intenzioni. Il discorso sui neuroni specchio e le loro proprietà sarebbe lungo, non certo da affrontarsi in questa sede. Per ora è sufficiente mettere in luce che l'attività cerebrale di ciascuno di noi è influenzata dalle persone che possiamo osservare. Dal momento che l'attività cerebrale implica sempre un grado di aleatorietà, dominio della variazione, e conduce ad alterazioni nella forza di sinapsi, dominio della selezione, e che tali variazioni sono in funzione dell'ambiente esterno che provoca l'attivazione, ne consegue che il continuo relazionarsi con altri esseri umani incide sulla modificazione cerebrale.

La conciliazione tra costruttivismo e mediazione deriva dal superamento del dualismo natura-cultura. Si noti che la plasticità neurale è interpretabile tanto come difesa del modello tecnico, quanto come difesa del modello biologico[47] all'interno della pedagogia. Infatti la plasticità testimonia che siamo flessibili, quindi almeno in teoria plasmabili, modello tecnico; d'altronde la modificazione avviene attraverso processi spontanei insiti nell'attività cerebrale, emergenti dal rapporto con l'ambiente, modello biologico. Ancora una volta sottolineo come l'opposizione dei due modelli sia inadeguata, la plasticità neurale, avendo superato il dualismo natura/cultura, rende inutile l'opposizione tra i modelli. Essere realistici riguardo alle neuroscienze dell'apprendimento significa tenere presente che alla base della plasticità vi sono continui processi di natura stocastica, schematizzati dal darwinismo neurale, mai del tutto prevedibili: la natura assume molte forme, tutte labili, in continuo cambiamento e controllabili solo in parte. La plasticità è responsabile anche dell'analfabetismo di ritorno o di *learned helplessness*, tanto per fare un paio di esempi. C'è una sorta di ingenuità in chi guarda alle caratteristiche del cervello come se queste potessero cambiare l'apprendimento, come se la duttilità che può farci diventare intelligenti non potesse trasformarci

47 Ne ho discusso al capitolo 1 paragrafo 1.3

anche in stupidi e ignoranti. Praticamente tutti i comportamenti complessi sono appresi, e meglio adattato non significa sempre migliore. Un educatore potrà organizzare gli ambienti di apprendimento, potrà essere in prima persona lo stimolo dell'attività cerebrale, tuttavia non sarà mai in grado di controllare completamente l'apprendere.
Riprendendo Bacone: non si comanda alla natura se non obbedendole. La natura ci ha fatti flessibili.

2.2.4 l'approccio fenomenologico

La fenomenologia è definibile come lo studio delle strutture dell'esperienza, letteralmente è lo studio dei fenomeni, l'apparenza delle cose, o le cose come appaiono nell'esperienza soggettiva. In sintesi la fenomenologia studia l'esperienza cosciente così come è esperita dal soggetto, in maniera privata accessibile esclusivamente in prima persona.
L'approccio fenomenologico nello studio del cervello è utile al fine di trovare i correlati neurali della mente: è importante individuare con precisione tutti gli aspetti mentali per poterli relazionare con la neurofisiologia, ovvero grazie all'approccio fenomenologico si può passare dai livelli di maggiore complessità a quelli di minore complessità all'interno delle neuroscienze. Infatti quel che rende intellegibili le neuroimmagini è la lettura fenomenologica, senza la quale le immagini funzionali del cervello potrebbero essere messe in relazione solo con il comportamento esterno, e non con l'esperienza del soggetto. Per quanto l'osservazione del comportamento esterno sia una fonte di informazioni sull'attività cerebrale, è solo l'esperienza soggettiva che vi si correla perfettamente.
Riprendo qui quanto avevo accennato riguardo allo studio della percezione condotto da Maturana: le immagini funzionali del cervello non si correlano alla realtà esterna, ma all'esperienza percettiva, a cosa vede la persona esaminata. Questo significa che, quando una persona ha un'allucinazione, e quindi vede qualcosa che non c'è, accade che le sue aree visive si attivino come se quello che

vede fosse veramente 'là fuori'. In altre parole quando percepiamo la realtà esterna, la percezione dipende da come si attivano le nostre aree cerebrali percettive.

Questo fatto è stato comprovato da prove in laboratorio: esiste una vasta letteratura neuroscientifica, a partire dagli studi di Wilder Penfield iniziati durante gli anni trenta del secolo scorso, riguardo a come stimolazioni artificiali di piccole porzioni della corteccia inducano esperienze fenomenologiche negli esseri umani. Esperimenti recenti sono stati in grado di confrontare da un lato le caratteristiche sensoriali indotte dagli stimoli esterni, dall'altro gli effetti della microstimolazione corticale, dimostrando che sono gli stati neurali piuttosto che gli stimoli esterni a determinare la percezione soggettiva [Bickle, Ellis in Smith e Thomasson 2005].

La spiegazione migliore di questi dati, controllati sperimentalmente con molta cura, è che la microstimolazione corticale induca nei soggetti delle esperienze dotate di caratteristiche fenomenologiche simili alle esperienze indotte dai normali canali sensoriali.

Questa interdipendenza tra esperienza e attività corticale è riconosciuta a livello di consenso universale nelle neuroscienze cognitive, ed è sfruttata durante la sperimentazione: gli esperimenti di laboratorio che prevedono lo studio dell'attività cerebrale dal vivo mettono costantemente in relazione l'esperienza cosciente dei soggetti con le letture delle tecniche di neuroimmagine. Molto spesso ai soggetti esaminati viene richiesto di immaginare una situazione, così da evocare delle esperienze, con sensazioni ed emozioni. Simili esperienze non vengono dunque vissute direttamente, ma solo simulate, immaginate. Le neuroimmagini catturano l'attivazione cerebrale durante tali simulazioni. In questi casi si dà per scontato che le aree maggiormente attive in caso di esperienza vera, e non solo immaginata, sarebbero comunque le stesse attivate dall'esperienza immaginata. Basarsi sulla simulazione è spesso necessario in quanto molte tecniche di neuroimmagine richiedono al soggetto esaminato un'immobilità completa.

La ricerca neurofenomenologica assume quindi che l'esperienza cosciente sia radicata nell'attività cerebrale, e mischia aspetti tipici della ricerca biologica con altri propri della fenomenologia.

Per riprendere il discorso aperto da Husserl: descrivendo l'intero mondo in termini

oggettivi, la scienza ha relegato l'uomo in uno spazio angusto, erodendo l'aspetto soggettivo della conoscenza. Il riduzionismo nelle neuroscienze cognitive è il tentativo di rendere oggetto perfino la mente umana. Ma l'atteggiamento riduzionistico ha dei forti limiti, infatti il riduzionismo non è mai completo e, secondo la logica degli hard problems, non è neppure completabile: l'elemento soggettivo è parte essenziale della mente, quindi studiare la mente stessa tentando di espungere la soggettività porterà sempre a qualcosa di incompleto. La sfida delle neuroscienze cognitive è quella di esplorare nuove vie, in grado di ampliare l'area di ricerca agli aspetti privati e soggettivi. Tutto questo mantenendo un metodo sperimentale.

In questo senso le neuroscienze cognitive accolgono la richiesta Husserliana di essere una psicologia che risalga all'essenza del soggetto, che trovi l'umano pur mantenendo la razionalità.

Nonostante questo richiamo ad Husserl, l'approccio fenomenologico nelle neuroscienze cognitive mantiene le distanze dalla fenomenologia in quanto disciplina filosofica: quella neuroscientifica è una fenomenologia che non si occupa dell'essere. Pertanto non è esistenzialista, anche se presenta punti di contatto con il concetto di corporeità di Merleau-Ponty. Non può nemmeno essere definita idealista, in quanto ritiene che i fenomeni corrispondano alla realtà esterna. Ovvero che l'attività cerebrale dipenda dal mondo esterno e vi si conformi, mentre nei casi in cui se ne discosti è possibile parlare di disfunzione e perfino di patologia. É interessante notare come gnoseologicamente la neurofenomenologia ricalchi il dualismo Kantiano, pur senza problematizzarlo, e rimanga implicitamente radicata ad un realismo interno affine al 'realismo dal volto umano' proposto da Putnam.[48]

Le Ricerche Logiche rimangono comunque una fonte metodologica importante per la neurofenomenologia: ogni genuina descrizione fenomenologica deve essere

---

48 È onesto precisare che chi fa ricerca in neuroscienze cognitive, e sfrutta i resoconti verbali dell'esperienza dei soggetti sottoposti a tecniche di neuroimmagine, probabilmente non saprebbe di cosa sto parlando quando mi riferisco a idealismo o realismo. Le neuroscienze sono una branca della biologia, e solo recentemente hanno cominciato ad affacciarsi ad un confronto con le scienze umane e la filosofia. Queste mie attenzioni per l'implicito nelle neuroscienze vanno lette proprio in funzione dell'instaurarsi del dialogo interdisciplinare.

fatta dalla prospettiva della prima persona, e ci si deve assicurare che ogni cosa venga descritta esattamente come è stata esperita.

Le potenziali obiezioni a delle neuroscienze che sfruttano l'esperienza soggettiva come fonte di informazioni primaria sono fondamentalmente due: il relativismo, obiezione epistemologica, e la raccolta dei dati, obiezione metodologica.

Per quanto riguarda il relativismo non posso aggiungere nulla alle riflessioni elaborate all'interno della filosofia della scienza, mi limito ad adattarne il linguaggio al contesto. Nelle neuroscienze l'attività cerebrale fornisce descrizioni vere, e in linea di principio tra loro compatibili, della realtà esterna: le interpretazioni sono sempre interpretazioni di fatti. Questa forma di realismo interno non è relativista, presume che l'attività cerebrale fornisca anche descrizioni false, ma queste ultime sono facilmente distinguibili dalle prime in maniera pragmatistica in quanto non consentono un adattamento soddisfacente alla realtà.

Per quanto concerne il relativismo nelle neuroscienze cognitive, sottolineo che le differenze tra i vari cervelli, che riflettono le differenze tra le varie menti, non hanno mai impedito di procedere per induzione dallo studio di casi ad una generalizzazione. In pratica ad esperienze simili corrispondono attività cerebrali in parte sovrapponibili. Le neuroimmagini si ricavano proprio dalla sovrapposizione di varie immagini di cervelli differenti, in modo da mettere in luce quali zone del cervello siano attive in tutti i soggetti.

L'obiezione metodologica deriva dall'idea che i resoconti dell'esperienza soggettiva, anche se utile fonte di informazioni, non siano accurati. Un recente esperimento [Marti et al. 2010] è volto a valutare quanto siano affidabili i resoconti verbali dell'esperienza: a sei soggetti è stato richiesto di scegliere quale premere tra due pulsanti in seguito alla presentazione di una serie di suoni, decidendo se il tipo di suono fosse categorizzabile come tono alto o basso. In seguito veniva chiesto ai soggetti di rendere conto verbalmente del tempo che ci avevano messo a decidere. L'introspezione si è rivelata altamente correlata con le misure oggettive quando l'attenzione dei soggetti era focalizzata sul compito, ma c'era anche una distorsione sistematica: qualora l'attenzione era monopolizzata da altri compiti, che venivano inseriti inaspettatamente, il resoconto dell'esperienza diventava del tutto impreciso.

La capacità di comprendere se stessi, il lavoro di introspezione, è dunque uno strumento importante per la ricerca neuro-cognitiva.

L'approccio fenomenologico riveste quindi una grande importanza all'interno delle neuroscienze cognitive, tuttavia non è stato fatto molto per sfruttarne a pieno le potenzialità, viene usato in maniera intuitiva, senza particolare metodo. Spesso l'approccio fenomenologico viene confuso con l'osservazione del comportamento, Best e colleghi [2010] mostrano chiaramente come aspetti fenomenologici della vita mentale, quali l'ansia e i disordini affettivi, vengano posti sullo stesso piano di comportamenti esteriori, quali il nutrirsi e la regolazione del peso corporeo. L'attenzione al fenomenologico è spesso sotterranea, indistinta dallo studio del comportamento.

Altri neuroscienziati, tra cui Francisco Varela, hanno invece esplicitato il loro interesse per gli aspetti fenomenologici, pertanto si sono rivolti alla meditazione buddista come tecnica di introspezione. Infatti i meditatori sono ben addestrati a focalizzare l'attenzione su di un aspetto preciso e mantenervela, pertanto sono dei soggetti ideali per la sperimentazione, capaci di fornire resoconti esperienziali molto precisi.

La creazione di strumenti di indagine linguistica aiuterebbe in modo significativo la ricerca in neuroscienze cognitive: anzitutto utilizzare parole il cui significato sia condiviso, ma anche addestrare i soggetti degli esperimenti all'uso di griglie di auto-osservazione, utilizzare questionari, strutturati o meno, in maniera sistematica riguardo agli aspetti soggettivi dell'esperienza.

Inoltre l'osservazione del comportamento, detta osservazione in terza persona, andrebbe costantemente confrontata con l'osservazione fenomenologica in prima persona, e con l'attività cerebrale evidenziata dalle neuroimmagini. In breve, il metodo dell'approccio fenomenologico è l'introspezione, la procedura è la focalizzazione dell'attenzione seguita dal resoconto verbale, la validazione consiste nel confronto tra osservazione del comportamento, tecniche di neuroimmagine e resoconti verbali, sia per il singolo caso di studio, sia per un campione statisticamente rilevante.

Per fare un esempio in ambito didattico, la misurazione di una performance andrebbe messa in relazione sia con il resoconto soggettivo, cosa ha esperito

l'allievo durante la prova, sia con i risultati delle tecniche di neuroimmagini. In tal modo si raccoglierebbero maggiori informazioni sull'attività mentale e dunque diventerebbe possibile correlarla in maniera più precisa all'attività cerebrale. Addestrare i soggetti sottoposti ad indagine a focalizzare l'attenzione sui propri processi cognitivi consentirebbe di trovare i correlati neurali della metacognizione. Inoltre permetterebbe di sapere non solo dove i soggetti hanno commesso degli errori, ma getterebbe molta luce su come tali errori sono stati commessi. Si tratta in conclusione di un modo per rintracciare direttamente i processi cerebrali responsabili delle varie performance.

2.2.5 un nuovo framework epistemologico

Far dialogare pedagogia, scienze della cognizione e neuroscienze ha come scopo l'esplorazione delle convergenze tra i risultati delle diverse discipline. Confrontare diverse fonti di conoscenza consente sia di corroborare reciprocamente i risultati dei differenti programmi di ricerca, sia potenzialmente di integrare tali programmi in modo da raffinare le conoscenze sul funzionamento del cervello, su architetture e modelli cognitivi, e sulle pratiche educative. Al fine di raggiungere un simile risultato si procede in maniera ricorsiva, mettendo in continua relazione l'attività cerebrale con il comportamento e con l'aspetto soggettivo dell'attività mentale. Per indicare tale campo interdisciplinare di studi si sono utilizzati i termini *neuroeducazione,* volendo porre l'accento sugli aspetti legati alla pratica educativa, e *neuroscienze educative*, dove il focus è invece sui meccanismi cerebrali. Battro, Fischer e Lèna [2008] utilizzano l'acronimo MBE, per Mind Brain and Education, in modo da superare le differenze tra i due termini precedentemente usati ed unirli sotto un'unica etichetta. Questa propensione a mettere assieme i risultati di ricerche dotate di metodi tanto diversi viene criticata da Bruer [in Bratto et al. 2008]. Bruer ha proposto la metafora della costruzione dei ponti tra discipline diverse, sostenendo che i ponti tra neuroscienze e pedagogia non siano solidi. Il bersaglio di Bruer è la cosidetta Brain-based education, che

consiste nell'organizzare le pratiche educative in base a quanto si conosce del funzionamento del cervello. I neuroscienziati, gli educatori e i divulgatori sono stati a volte troppo ingenui nel saltare dai risultati delle ricerche sul cervello alle eventuali implicazioni per l'educazione. Si è comunemente commesso l'errore di passare dall'evidenza di periodi critici nello sviluppo del cervello, ossia una limitata finestra di tempo durante la quale una specifica esperienza dà forma ad una funzione del cervello[49], ad implicazioni riguardo a quando le persone siano o non siano in grado di imparare a leggere, scrivere, contare, parlare una seconda lingua e via dicendo. L'affermazione che esistano dei periodi critici, terminati i quali il cervello umano cessi di poter apprendere, è del tutto ingiustificata. Con l'eccezione di casi estremi di bambini tagliati fuori dalla società umana fin dalle prime fasi della vita, per il resto non si sono mai riscontrati limiti di apprendimento specifici per una certa soglia di età. Un caso analogo è riportato da Fischer [2008], il quale denuncia come i suoi stessi studi siano stati malamente utilizzati: Fischer [2006] ha notato che lo sviluppo cerebrale avviene in maniera ciclica, ogni 24 mesi circa si assiste ad una nuova fase di crescita sinaptica associata ad un cambiamento cognitivo, questo fenomeno inizia durante l'infanzia e continua almeno fino verso i trent'anni. Le scoperte di Fischer sono state rapidamente sfruttate da alcuni educatori per sostenere che, durante i periodi di relativa stabilità neurale, nulla potesse essere appreso, e che quindi l'introduzione di nuovi concetti dovesse essere evitata durante tali periodi. Lo stesso Fischer sottolinea che si tratta di una pratica brain-based del tutto illegittima e non sostenuta da alcun dato empirico.

Fischer raccomanda dunque di attenersi alla normale prudenza scientifica prima di saltare dalle ricerche sul cervello all'educazione. Tuttavia la prudenza scientifica non risponde realmente alla critica di Bruer: infatti basarsi sulle neuroscienze per dire qualcosa a proposito dell'educazione, o anche in generale della mente, implica sempre e comunque una speculazione. Tale speculazione non è sostenibile esclusivamente in virtù di quei dati che hanno portato alla sua formulazione, altrimenti ci si muoverebbe in una logica del tutto circolare e autoreferenziale. Si tratta dell'estensione del problema del passaggio di livello

49 Ad esempio la cecità indotta nei gatti tenuti ad occhi chiusi durante le prime fasi di vita, come scoperto da Hubel e Wiesel.

epistemologico, dagli aspetti fisiologici fino agli aspetti mentali di cui ho già discusso. Affinché i diversi livelli possano essere relazionati è necessario procedere per interpretazioni. I dati provenienti dalle neuroscienze sono la base per varie interpretazioni riguardanti la mente e l'apprendere, ogni interpretazione può eventualmente presentare delle potenziali implicazioni educative. Tali implicazioni potenziali sono da intendersi quali ipotesi da testare attraverso i metodi propri delle scienze dell'educazione: quindi le affermazioni dei neuroscienziati dovrebbero essere consistenti con quanto sostenuto dagli studi sul comportamento. Pertanto metto in luce l'indipendenza epistemologica delle scienze dell'educazione rispetto alle neuroscienze. Qualora si vogliano costruire dei ponti solidi tra due discipline è importante che tali ponti dispongano di fermi punti d'appoggio da entrambi i lati. I ponti tra studi sul cervello da un lato e pedagogia dall'altro sono deboli quando si tenta di sfruttare la solidità epistemologica delle neuroscienze, tralasciando la ricerca empirica sull'educazione stessa.

Al di là della metafora dei ponti, sottolineo il valore della parte umanistica del dialogo interdisciplinare: in generale le teorie provenienti dalle discipline umanistiche sono meglio equipaggiate a descrivere la mente in quanto ne studiano il comportamento e la soggettività, al contrario i neuroscienziati non sono esperti di apprendimento o psicologia. Da questo ne consegue che nel dialogo interdisciplinare è principalmente la pedagogia a poter guidare le neuroscienze nel campo dell'apprendimento. Grazie alla ricerca umanistica è possibile arricchire il quinto livello delle neuroscienze, proporre ipotesi sui correlati neurali: è solo dopo aver messo in relazione, ad esempio, una performance cognitiva con una data attività neurale che quest'ultima diventa intellegibile come correlato neurale, e quindi utilizzabile come indicatore per le successive indagini. D'altro canto le neuroscienze portano il valore aggiunto di una maggiore forza epistemologica. Comunque rimane sempre indispensabile che ciascuna disciplina assuma i risultati provenienti da altre discipline come ipotesi da testare.

Unendo le forze in questo modo, neuroscienziati ed educatori possono arrivare a osservare gli effetti che le pratiche educative hanno sul cervello e sull'espressione genica. La pedagogia gode quindi di uno sguardo d'assieme, ed è in grado di

realizzare studi longitudinali che relazionino le pratiche educative con le modificazioni della struttura e del funzionamento del cervello. Il progresso in MBE è possibile se si stabilisce una effettiva collaborazione tra neuroscienze cognitive e scienze dell'educazione, realizzata da gruppi misti di ricercatori provenienti dalle diverse discipline, così che le osservazioni sull'educazione forniscano domande e intuizioni per la ricerca neuroscientifica, e che i risultati degli studi sul cervello siano fruibili per la pratica educativa, senza cadere nei neuromiti. In altre parole la sfida è creare un sapere che sia utilizzabile in entrambe le direzioni. Per raggiungere tale obbiettivo lo studio neuroscientifico sull'apprendimento necessita di diventare non solo studio fisiologico, ma di essere ricerca su campo, dove gli aspetti storici dei processi educativi possano orientare le ipotesi di ricerca. In altre parole la ricerca interdisciplinare sull'apprendimento avviene direttamente sul campo costituito dall'ambiente di apprendimento, che è l'unico campo dove il confronto diretto tra le discipline può avere luogo. Se gli insegnanti non entrano in laboratorio e i neuroscienziati non entrano in classe, si rischia sempre che le diverse discipline rimangano troppo distanti perché possano essere collegate da ponti.
Oltre a condividere un medesimo campo di ricerca, pedagogia e neuroscienze hanno bisogno di raggiungere una prospettiva condivisa sul rapporto tra mente e cervello: questo è un passo fondamentale affinché una disciplina di matrice umanistica che si occupa degli aspetti mentali, la pedagogia, e una disciplina di matrice scientifica che si occupa degli aspetti cerebrali, la neurobiologia, riescano a collaborare facendo convergere i propri risultati, superando quindi le reciproche ristrettezze. Come le indagini neuroscientifiche si sono spostate sul campo tipico delle scienze dell'educazione, a propria volta queste ultime hanno bisogno di adottare un framework concettuale congruente con le neuroscienze. In questo modo, pur mantenendo ciascuna disciplina le proprie peculiarità di metodo, gli studi sul cervello e gli studi sull'educazione condividerebbero sia l'oggetto di studio sia gli asserti fondamentali. Il framework concettuale è sintetizzabile in tre principi che costituiscono gli asserti fondamentali del pensiero attuale dei neurobiologi sulla relazione tra mente e cervello, e rappresentano la sintesi di quanto ho esposto nei precedenti paragrafi:

Principio 1. Tutti i processi mentali sono correlati a processi cerebrali. Il nucleo concettuale di questa idea è che la mente sia costituita da una serie di azioni compiute da un organismo dotato di cervello mentre interagisce con un ambiente. Fanno parte di queste azioni tanto comportamenti relativamente semplici, come mangiare o camminare, quanto complesse attività cognitive, sia coscienti sia inconsce, prettamente associate all'agire umano, quali il pensiero astratto, il linguaggio e l'arte. Pertanto l'apprendimento è un'attività compiuta, attraverso processi cerebrali, da organismi che interagiscono con un ambiente.

Principio 2. I geni, tramite la sintesi proteica, contribuiscono a determinare lo strutturarsi delle interconnessioni tra neuroni e il funzionamento dei neuroni stessi. Quindi i geni, in particolare combinazioni di geni, esercitano una significativa influenza sull'attività mentale. Tuttavia le alterazioni genetiche da sole non sono in grado di giustificare tutte le differenze individuali presenti negli esseri umani. Fattori epigenetici, primo fra tutti l'interazione con l'ambiente sociale[50], giocano un ruolo importante. Così come combinazioni di geni contribuiscono a plasmare le attività mentali, allo stesso modo le attività mentali plasmano il cervello modificando l'espressione dei geni e dunque il funzionamento dei gruppi di neuroni.

Principio 3. La base dell'apprendimento è genetica: apprendere consiste nel produrre alterazioni nell'espressione genica, queste alterazioni inducono modificazioni nella formazione di connessioni tra neuroni. Tali modificazioni costituiscono la base biologica del cambiamento e dell'individualità. L'apprendimento pertanto induce cambiamenti di lungo termine nell'agire umano attraverso la produzione di variazioni nell'espressione genica, che alterano la forza delle connessioni sinaptiche, e determinano cambiamenti strutturali modificando gli schemi anatomici di interconnessioni tra neuroni. Quindi la cultura non esiste in opposizione alla natura o al di fuori di essa, al contrario ne è espressione.

---

50 L'ambiente sociale viene qui inteso in senso assai ampio. Dall'ambiente sociale dipendono le condizioni di vita, l'alimentazione, tutti gli scambi interpersonali ed in generale le caratteristiche antropizzate dell'ambiente in cui ciascun essere umano abita.

La distanza tra le discipline viene colmata attraverso le idee espresse nei tre principi, nel senso che, tenendo per vere le proposizioni espresse nei principi, diventa possibile portare avanti un progetto di ricerca che sia realmente interdisciplinare e non semplicemente multidisciplinare. In tal modo, al fine valutare l'impatto dell'esperienza sul cervello e sulla mente, la pedagogia, in quanto scienza umana, può fungere da guida alla neurobiologia in virtù dell'attenzione che pone allo studio degli aspetti comportamentali e soggettivi dell'educazione.

La domanda fondamentale di questo campo interdisciplinare di ricerca diventa quindi: come è possibile passare dai geni all'apprendimento e viceversa?

Questo passaggio è spiegato molto chiaramente da Kandel [1998][51], il quale utilizza il concetto di *espressione genica* per dimostrare come la formazione di proteine sia operata dal DNA in risposta alle esperienze di vita. I geni non sono degli oggetti che si ereditano durante il concepimento per poi rimanere inerti. Al contrario essi sono costantemente implicati nelle funzioni di ciascuna cellula, essendo i geni a dirigere la costruzione delle proteine, che sono le componenti principali della maggior parte delle strutture cellulari, nonché le molecole fondamentali per lo svolgimento e la regolazione di quasi tutte le reazioni chimiche dell'organismo. Con *espressione genica* si intende quella serie di eventi che attiva la trascrizione di un gene, conducendo quindi alla produzione della proteina corrispondente ogni volta che una porzione di DNA viene replicata dall'RNA messaggero, il quale funge da stampo per la sintesi della molecola. La trascrizione avviene in seguito a delle condizioni scatenanti, e la regolazione di questi processi dipende dall'attività delle cellule. Nel caso dei neuroni i fattori scatenanti sono dati dall'attività sinaptica: le sinapsi si scambiano i neurotrasmettitori, che innescano all'interno della membrana cellulare l'azione di alcune molecole, dette secondo messaggero, le quali si muovono verso il nucleo, che contiene il genoma, e innescano la trascrizione. Ogni neurone è in grado di trascrivere numerose molecole differenti, e quindi di esprimere diversi segmenti di DNA. L'attività

51 È assurdo che le ricerche di Kandel siano rimaste quasi sconosciute negli ambienti umanistici, e pedagogici in particolare. Probabilmente è frutto di una profonda ignoranza riguardo alla genetica.

cerebrale, regolando lo scambio di neurotrasmettitori tra le sinapsi, modula quali proteine saranno prodotte dai neuroni di una certa zona del cervello. Approssimativamente il 70% della struttura cerebrale che si aggiunge dopo la nascita è formata in base a come il genoma di una persona reagisce all'ambiente, ossia in base all'attività cerebrale di quella persona.

Ecco perché apprendere consiste nel produrre alterazioni nell'espressione genica (terzo principio). Alla luce di quanto esposto è diventato chiaro che le ricerche che si occupano di apprendimento, ed argomenti correlati, trovano completezza conoscitiva procedendo in maniera interdisciplinare.

Portando avanti quanto detto fin qui, la matrice concettuale alla base del programma di ricerca sarà: vedere ogni essere umano come un sistema dotato di elevata plasticità, che reagisce all'ambiente esterno modificandosi internamente; tali modificazioni lasciano una traccia mnemonica nel cervello formando la persona e cambiando il modo in cui quella persona reagirà all'ambiente nel tempo a venire; le modificazioni si susseguono continuamente seguendo uno schema di variazione/selezione; la capacità di modificarsi costituisce il potenziale educativo, l'apprendimento implica la memorizzazione del reagire somatico all'ambiente; ogni intervento di tipo educativo è volto a promuovere il verificarsi di modificazioni adattive; tutte le forme culturali sono generate dalla successione di modifiche che avvengono nel cervello, da questo trae origine la dimensione semantica[52] dell'attività mentale; la cognizione, intesa nel più ampio senso, è un fenomeno trasversale: costituisce le modalità secondo cui avviene il continuo modificarsi, quindi la cognizione influenza l'apprendimento, ma ne è a propria volta plasmata.

La prospettiva che ho delineato presenta delle implicazioni riguardo ambienti di apprendimento, formazione e mediazione. Se apprendere significa adattarsi all'ambiente, e l'adattamento avviene secondo lo schema darwinista di variazione/selezione, è chiaro che l'acquisizione del sapere sia un processo di tipo costruttivista che viene orientato dall'ambiente di apprendimento: il cervello produce numerose variazioni, potenzialità offerte dalla plasticità cerebrale, di cui

52 Semantica in quanto il repertorio di risposte di un organismo agli stimoli ambientali non dipende solo dagli effetti esercitati dagli stimoli stessi sulla fisicità dell'organismo, invece l'organismo dotato di attività mentale reagisce agli stimoli in base alle memorie. Quindi gli stimoli diventano segni, mentre l'organismo diventa interpretant, secondo la concezione di Peirce.

una parte viene costantemente selezionata, mentre un'altra è scartata, in base al modo in cui ciascun organismo interpreta l'ambiente in cui vive. In ogni caso la costruzione di alternative da selezionare dipende da chi apprende, ossia dall'organismo che si modifica, quindi aveva ragione Visalberghi [1988] nel dire che l'insegnamento segue l'apprendimento e non il contrario. Infatti l'azione che si può esercitare sull'apprendere consiste nel modificare l'ambiente in cui è immersa una persona. Esattamente questo è il ruolo svolto dalla mediazione, che avviene quando un essere umano, il mediatore, filtra e organizza gli stimoli esterni che arrivano al discente. Usando il linguaggio darwinista, il mediatore modifica l'ambiente a cui il discente si adatta. Modificare l'ambiente attraverso la mediazione significa manipolare il processo di selezione, agendo in tal modo sull'apprendimento. La socializzazione gioca un ruolo fondamentale nei processi mediativi, in quanto l'ambiente a cui ci adattiamo è sociale. Come sostiene Cozolino [2008] le relazioni sociali plasmano il cervello, esse sono l'habitat naturale di noi esseri umani: non esistono cervelli individuali, il cervello è un organo di adattamento che costruisce la sua struttura attraverso le interazioni con gli altri.

La modificazione dell'ambiente pone un problema: i risultati della pressione ambientale sull'adattamento di un organismo non sono mai pienamente prevedibili in quanto sono emergenti. Questo dipende dal fatto che la variabilità è fornita dall'organismo stesso, ed è un processo che contiene un elemento casuale, inoltre il modo in cui ogni persona seleziona dipende dalla sua storia personale. Ne consegue che ogni persona si relaziona all'ambiente in maniera differente, costruendo delle nicchie di apprendimento. Il concetto di nicchia di apprendimento deriva dal concetto di *umwelt* proposto da von Uexküll: organismi diversi che condividono il medesimo ambiente possono avere diversi umwelt, ossia entrano in rapporto con differenti aspetti della realtà esterna a seconda delle proprie esigenze. Maturana e Varela parlerebbero di diversità nell'accoppiamento strutturale. Le differenti nicchie di apprendimento hanno inizio dalle predisposizioni genetiche, più precisamente nelle norme di reazione: ogni genotipo reagisce all'ambiente quando forma il fenotipo. Inoltre i continui adattamenti all'ambiente cambiano l'organismo, che di conseguenza modifica le proprie nicchie di

apprendimento, e questo condiziona il successivo apprendere. Una simile osservazione è coerente con le ricerche di psicologia cognitiva che hanno evidenziato come la conoscenza pregressa sia il migliore predittore di quanto efficientemente e rapidamente le persone apprendano [Pressley, McCormick 1995]. Questo è dovuto al fatto che il cervello mostra la capacità di sviluppare nuove connessioni e di stabilire nuove mappe neurali riciclando percorsi sinaptici preesistenti. Apprendere nuove capacità cognitive, come leggere e scrivere, richiede l'integrazione dinamica di componenti percettive, linguistiche e motorie [Dehaene 2009]. Da questo si deduce che il cervello non è plastico nel senso di indifferenziato. Piuttosto le strutture neurali si modificano per *prossimità funzionale:* le aree del cervello si adattano sviluppando nuove capacità a partire da quelle già presenti, procedendo per variazione/selezione. In altre parole l'acquisizione di nuove abilità implica la *riconversione di strutture cerebrali* che erano già precedentemente coinvolte in funzioni simili alle abilità che si andrà ad acquisire.

Considerato gli argomenti appena esposti, sarebbe un errore grossolano ritenere che esista un tipo di ambiente di apprendimento migliore in assoluto, la prospettiva che sto qui delineando è in totale accordo con l'idea che l'apprendimento debba essere sempre centrato sul discente, riprendendo il linguaggio di Feuerstein: affinché la mediazione sia efficace necessita di partire dal mediato.

Nonostante l'elemento di imprevedibilità e di discontinuità che si riscontra nel modo in cui persone diverse interagiscono con la realtà esterna, non è mia intenzione sostenere che non si possa trovare un orientamento che permetta di agire intenzionalmente sull'apprendimento di una persona. L'elemento soggettivo è rilevante ma non totale. Infatti il modo in cui l'organismo reagisce all'ambiente modificandosi è facilmente decifrabile dai suoi atteggiamenti emotivi. Per quanto intenda trattare in maniera più approfondita l'argomento in uno specifico paragrafo più avanti, sottolineo fin da ora che le emozioni fungono da sistemi di valore [Damasio 1994, 1999] e che quindi incidano profondamente durante la fase selettiva. Le emozioni positive sono normalmente correlate ad una interazione adattiva tra organismo e ambiente.

Agire sull'apprendimento manipolando i processi di selezione significa addestrare-

istruire-educare. Istruzione, educazione e addestramento sono diverse modalità di manipolazione della selezione, che differiscono per i contenuti, ovvero per ciò che cambiano dell'ambiente. Dal momento che il cervello si modifica per prossimità funzionale, è relativamente facile e rapido ottenere dei cambiamenti nelle memorie dichiarative, principale bersaglio dell'istruzione, e nelle memorie procedurali, bersaglio dell'addestramento, quando si induce una persona ad interagire con un ambiente che la porti ad utilizzare conoscenze e disposizioni che già possiede, sfruttando in tal modo la riconversione di strutture cerebrali. Istruzione e addestramento sono manipolazioni che si rivolgono principalmente a processi di selezione a corto raggio, ossia processi che non richiedano di collegare gruppi di neuroni dotati di funzioni molto diverse e distanti tra loro. L'educazione è un processo analogo, ma a lungo raggio, che pertanto richiede più tempo, i cui risultati sono meno prevedibili, che in compenso consente di collegare aree cerebrali assai distanti, avendo quindi un effetto globale sulla persona. In questa prospettiva la formazione è costituita dal cambiamento della nicchia di apprendimento: avviene quando un organismo, in seguito a ripetute modificazioni, cambia il modo in cui si relaziona con l'ambiente. La formazione è promossa dall'educazione, tuttavia si costituisce come fenomeno distinto, che può avvenire anche senza manipolare l'ambiente di apprendimento, e che si basa in maniera primaria sui processi di variazione forniti dalla plasticità cerebrale.

Capitolo 3
il confronto tra le proposte di Feuerstein e le neuroscienze

Lo scopo del presente capitolo è discutere i meccanismi cerebrali da cui emerge la modificazione dell'attività intelligente.

In armonia con l'idea che i ponti tra diverse discipline, per essere praticabili, abbiano bisogno di almeno due punti di appoggio, all'inizio del capitolo affronto la questione della solidità epistemologica della Modificazione Cognitiva Strutturale dal punto di vista scienze umane: in altre parole esamino criticamente i principali studi sul Programma di Arricchimento Strumentale, dai primi studi a cavallo tra anni sessanta e settanta del novecento fino alle sperimentazioni ancora in atto, con particolare riferimento alle ricerche su ampi campioni di popolazione.

In seguito esploro i processi cerebrali che si candidano ad essere la base biologica della modificabilità cognitiva: i meccanismi della Working Memory e i processi ad essa collegati, quali attenzione esecutiva e memoria secondaria. Inoltre discuto delle mappe neurali quali correlati cerebrali di skill e disposizioni e della funzione modulante delle emozioni nei processi mentali.

Dopo aver dedicato la prima parte del capitolo alla Modificazione Cognitiva Strutturale, sposto l'attenzione sull'Esperienza di Apprendimento Mediato, trattando del sistema dei neuroni specchio come potenziale base biologica della mediazione.

La conclusione del capitolo è dedicata a mettere in relazione il pensiero di Feuerstein con le scoperte delle neuroscienze.

3.1 aprire il dialogo

Le neuroscienze sono in grado di rendere conto da un punto di vista biologico della Modificabilità Cognitiva Strutturale descrivendo i processi cerebrali che ne stanno alla base. È opportuno procedere con la dovuta cautela interpretativa dettata dal fatto che le neuroscienze cognitive non hanno ancora prodotto un sapere stabile, e per questo pongono frequentemente in discussione i propri risultati. Quindi, riprendendo le argomentazioni del capitolo precedente, è fondamentale interpretare le scoperte neuroscientifiche come atte a corroborare, piuttosto che a falsificare, le ricerche svolte con metodi indipendenti dalle neuroscienze stesse. Il mio intento è dunque mettere a confronto i risultati di diversi tipi di studi, per vedere in che misura convergono e si completano a vicenda.

È quindi logico iniziare il dialogo tra neuroscienze e scienze dell'educazione partendo da un'analisi degli studi condotti sugli effetti delle pratiche volte a promuovere la modificabilità cognitiva, in particolare quelle mediative, ovvero sociali e intenzionali, ed in primis il Programma di Arricchimento Strumentale: esistono una serie di ricerche sperimentali e quasi-sperimentali a sostegno del fatto che l'arricchimento strumentale proposto da Feuerstein, quando accompagnato da mediazione, promuova la modificabilità cognitiva.

Ben Hur [2001] riferisce degli studi condotti da Haywood e colleghi presso la Vanderbilt University: Haywood misurò le capacità intellettive di alunni con alti e con bassi profitti scolastici, utilizzando come test il materiale del Programma di Arricchimento Strumentale. Riscontrò che le capacità di risolvere gli esercizi di arricchimento strumentale sono correlate con il livello di profitto scolastico. Ne concluse che il Programma di Arricchimento Strumentale e i compiti scolastici attivino in larga parte le medesime capacità cognitive. In effetti, sottolinea Ben Hur, è facile notare le similarità tra numerosi compiti scolastici e quelli proposti dall'arricchimento strumentale.

Da questo ne consegue che le modificazioni cognitive riscontrate riguardo al Programma elaborato da Feuerstein sono verosimilmente estensibili anche ad altri

campi, come le attività scolastiche. Infatti si registra una elevata correlazione tra Quoziente Intellettivo e anni di scolarizzazione, tanto da far pensare che l'educazione formale possa incidere sull'intelligenza psicometrica [Martinez, 2008].
L'intento che mi pongo non è semplicemente capire se la Modificabilità Cognitiva Strutturale sia possibile, piuttosto di evidenziare i processi attraverso i quali la modificabilità cognitiva si estrinseca. Per raggiungere un simile scopo diventa imprescindibile la possibilità di osservare direttamente l'attività e la plasticità cerebrali, in quanto le neuroscienze hanno ampiamente dimostrato che non esiste cambiamento di attività mentale che non sia correlato ad attività cerebrale, e che tale attività modifica il cervello stesso per via della sua proprietà di essere plastico. Questa impostazione di ricerca permette non solo di affermare che la modificabilità cognitiva esista, ma anche di valutarne i limiti, spiegando come mai le persone esibiscano un diverso potenziale di modificabilità.
D'altro canto l'intelligenza non è dipendente solo dall'attività neurale, piuttosto emerge dalla relazione tra i processi cerebrali, che danno origine al comportamento, e l'ambiente. Quindi sarebbe riduttivo limitarsi ad individuarne il correlato neurale, invece è possibile relazionare l'attività neurale con le condizioni di espressione dell'intelligenza, in altre parole monitorare l'attività corticale nelle circostanze in cui una persona dimostra intelligenza, utilizza in maniera efficace le proprie capacità cognitive. L'attività neurale modifica la struttura cerebrale in direzione di un adattamento all'ambiente, che costituisce la condizione di espressione dell'intelligenza. Nella plasticità, che consente il cambiamento, c'è dunque la potenzialità di essere intelligenti.
In quest'ottica, gli studi sull'efficacia del Programma di Arricchimento Strumentale fungono da punto di partenza per valutare la possibilità di modificare l'intelligenza, con particolare riguardo a quel tipo di intelligenza proteiforme che intendo ridefinire attraverso il linguaggio neuroscientifico.

3.1.1 studi a sostegno della Modificabilità Cognitiva Strutturale e dell'Esperienza di Apprendimento Mediato

Il primo studio mirato a fornire prove empiriche che mediazione e arricchimento strumentale causino una modificazione cognitiva fu proposto dallo stesso Reuen Feuerstein in collaborazione con Martin Hamburger, della New York University, nel novembre del 1965. Si trattò di un ampio disegno di ricerca, che si protrasse durante gli anni settanta, volto a comprendere le condizioni e le variabili in grado di contribuire alla generazione degli effetti del Programma di Arricchimento Strumentale [Feuerstein et al. 2006]. L'obbiettivo della ricerca era di confrontare l'efficacia del Programma di Arricchimento Strumentale, rispetto a strategie didattiche più tradizionali, in adolescenti a basso funzionamento cognitivo inseriti in centri residenziali o di assistenza diurna. La carenza cognitiva consisteva nella mancata correlazione tra il rendimento scolastico e l'età/la classe di appartenenza. Furono formulate quattro ipotesi: che gli studenti esposti al Programma di Arricchimento Strumentale avrebbero manifestato maggiori progressi intellettivi rispetto agli altri, che comunque erano esposti ad attività didattiche ed ad un ambiente più stimolante rispetto a quello che aveva caratterizzato le loro famiglie di origine; che gli studenti dei centri residenziali avrebbero mostrato un rendimento scolastico migliore rispetto a quelli dei centri diurni; che gli effetti del Programma di Arricchimento Strumentale e quelli dei centri residenziali si sarebbero rafforzati reciprocamente; che gli effetti di vivere in un ambiente arricchito si sarebbero rivelati stabili nel tempo, soprattutto che il Programma di Arricchimento Strumentale, essendo svincolato da contenuti specifici e formando abitudini di comportamento, avrebbe promosso un incremento progressivo nel corso del tempo.

La ricerca fu attuata in due centri residenziali e due diurni, l'arricchimento strumentale fu somministrato in un centro diurno e un centro residenziale. Gli studenti coinvolti furono 218, i quattro gruppi di ricerca furono considerati sufficientemente simili riguardo a variabili pertinenti quali status socio-economico, che era in generale basso, retroterra culturale, presentavano un elevato grado di

diversità etnica, per età, genere e caratteristiche psicometriche. Il disegno di ricerca comportò l'insegnamento del Programma di Arricchimento Strumentale per cinque ore alla settimana per due anni, mentre i gruppi di controllo ricevettero un totale di 200 ore aggiuntive di lettura, scrittura e matematica.

La sequenza degli strumenti insegnati fu la medesima in tutte le classi[53], ciascuna classe completò almeno cinque strumenti durante il primo anno, mentre alla fine del secondo anno la preponderanza delle classi aveva concluso la maggior parte degli strumenti. L'impatto dell'esperienza venne valutato sia qualitativamente che quantitativamente. Dal punto di vista qualitativo: gli studenti e gli insegnanti furono intervistati riportando un'atmosfera più aperta e rilassata, maggiore concentrazione, coinvolgimento e curiosità intellettuale nelle classi, in generale si registrò un notevole entusiasmo da parte di quasi tutti i partecipanti. Dal punto di vista quantitativo: vennero eseguiti quattro test, due di tipo intellettivo, il Test delle Abilità Mentali Primarie di Thurstone e la Project Achievement Battery, e due non intellettivi, la Classroom Participation Scale di Tannenbaum e Levin e la Levidal Self Concept Scale di Levine e Katz, tutti i test furono somministrati pre e post trattamento. Inoltre, due anni dopo la fine del progetto, furono esaminati i risultati conseguiti dagli studenti chiamati alla leva nei test standard di intelligenza e di lingua ebraica richiesti per l'ingresso nell'esercito.

Per quanto riguarda la prima ipotesi, i dati raccolti hanno dimostrato un notevole miglioramento in tutti e quattro i gruppi, e gli studenti a cui è stato insegnato il Programma di Arricchimento Strumentale hanno ottenuto generalmente punteggi più elevati nel test delle Abilità Mentali Primarie. Sottolineo come il fatto che tutti i gruppi abbiano registrato miglioramenti costituisce in ogni caso un risultato a favore della modificabilità cognitiva. Anche la seconda ipotesi fu confermata, i punteggi complessivi test intellettivi risultarono superiori negli studenti ospitati in strutture residenziali, mentre i criteri di valutazione non intellettivi non distinguevano tra i due ambienti. Al contrario delle prime due ipotesi, la terza fu falsificata: non solo gli effetti dell'arricchimento strumentale e della residenzialità non si rafforzarono a vicenda, addirittura la Project Achievement Battery mostrò

53 Nonostante questa disposizione standardizzata non sia la migliore è stata utilizzata in modo da ottenere omogeneità di trattamento in tutte le classi. In una situazione ottimale la scelta degli strumenti dovrebbe essere operata in base alle specifiche degli studenti.

che gli studenti dei centri diurni sottoposti al Programma di Arricchimento Strumentale fecero maggiori progressi nella comprensione della lettura rispetto agli studenti dei centri residenziali. Infine la quarta ipotesi fu corroborata dai test di intelligenza dell'esercito: con il passare del tempo si registrò un incremento delle differenze di prestazione intellettiva tra gli studenti che avevano ricevuto l'arricchimento strumentale e quelli esposti a forme più tradizionali di insegnamento.

In seguito a questo primo studio, molte altre ricerche sono state condotte in diverse parti del mondo sull'efficacia dell'arricchimento strumentale e sulla possibilità della modificazione cognitiva. Di seguito citerò le ricerche più importanti.

Il primo studio su larga scala di validazione degli effetti dell'arricchimento strumentale è stato condotto in Venezuela [Ruiz, 1985]. L'indagine fu disegnata in modo che due gruppi di adolescenti, uno di livello socio-economico elevato e uno di basso, ricevessero il Programma di Arricchimento Strumentale per due anni. I due gruppi sperimentali, ammontanti a 318 studenti, furono comparati a due gruppi di controllo analoghi per numero e composizione. Prima e dopo la sperimentazione furono valutate le capacità intellettive generali, attraverso il test di Cattell, il rendimento scolastico in matematica e in comprensione della lingua, e il grado di autostima degli studenti. Furono osservati nei due gruppi sperimentali miglioramenti statisticamente significativi in tutte tre le aree valutate. Da notare che prima dell'intervento il gruppo di elevato livello socio-economico mostrava punteggi più alti in tutte tre le aree, dopo due anni di arricchimento strumentale rimanevano delle differenze, anche se entrambi i gruppi mostravano miglioramenti: per quanto riguarda le capacità intellettive entrambi i gruppi beneficiarono in maniera eguale dell'arricchimento, mentre per quanto riguarda il rendimento scolastico il gruppo ad alto livello socio-economico trasse maggiori vantaggi, al contrario dopo l'intervento le differenze di autostima tra i due gruppi sparirono. Due anni più tardi i quattro gruppi furono sottoposti al test di intelligenza non verbale di Lorge-Thorndike, risultò che entrambi i gruppi sperimentali, sia ad alto che a basso status socio-economico, surclassarono gli studenti dei gruppi di controllo.

Il più recente, nonché più vasto, studio su larga scala viene condotto nelle scuole

pubbliche dello stato di Bahia in Brasile [Tinoco Melo e Varela, 2000]. La sperimentazione ha coinvolto un totale di 15.580 studenti. Allo stato attuale si è potuto tuttavia esaminare gli effetti del Programma di Arricchimento Strumentale solo su di una piccola parte dei partecipanti. Ad ogni modo è stata eseguita una valutazione in quattro scuole secondarie di secondo grado, utilizzando come gruppo di controllo altre due scuole con una popolazione studentesca considerata simile. Per valutare i progressi cognitivi sono state impiegate le Matrici Progressive Standard di Raven: il miglioramento nelle classi che avevano ricevuto il Programma di Arricchimento Strumentale per due anni spaziava dal 3,1% al 8,3%, mentre nelle classi di controllo il miglioramento andava dal 2% al 6,7%; i risultati degli esami di lingua portoghese e di matematica indicavano un quadro eterogeneo, con alcune classi dove il miglioramento era marcato e altre dove era minimo o assente, ma nel complesso solo il 44% del gruppo di controllo mostrava una crescita nei voti di lingua e matematica, mentre il gruppo esposto ad arricchimento strumentale mostrava una crescita nel 79% degli studenti.

Dato che i numerosi studi sugli effetti dell'arricchimento strumentale hanno a volte fornito conclusioni contrastanti, Romney e Samuels [2001] condussero una meta-analisi riassumendo e interpretando i risultati di quaranta diversi studi quantitativi sull'efficacia del Programma di Arricchimento Strumentale. Gli autori hanno considerato numerose variabili, raggruppate in tre categorie: rendimento scolastico, in matematica, lettura, scienze e arti; capacità cognitive, ossia generale, verbale, non-verbale, numerica, spaziale, problem solving, metacognizione e pianificazione; comportamento in classe, ossia capacità attentive, motivazione, impulsività, autostima e capacità di adattamento. Inoltre hanno calcolato gli effetti delle variabili intervenienti: età, genere, status socio-economico, metodi di raccolta dati, durata dell'intervento e formazione dei docenti. I risultati della meta-analisi hanno mostrato in tutte tre le aree dei miglioramenti dovuti all'arricchimento strumentale, tuttavia la maggior parte dei miglioramenti era modesta, inoltre, a causa della grandezza dei campioni di studio, i miglioramenti in varie aree non si sono rivelati statisticamente significativi. In definitiva i risultati più positivi e robusti si sono registrati nelle capacità verbali, spaziali e di problem solving.

A fianco delle ricerche condotte sulla popolazione normale, sono stati svolti studi specifici, ovvero su gruppi di persone caratterizzate da condizioni di apprendimento particolari. Kozulin [2000] ha redatto una raccolta relativa a tali studi.

Per quanto riguarda studenti con difficoltà di apprendimento Kozulin cita una sperimentazione, sistematica e su vasta scala, condotta da Jensen e Singer a metà degli anni ottanta del novecento, per valutare l'effetto dell'arricchimento su un gruppo di allievi di età compresa tra i 13 e i 17 anni, che frequentavano scuole speciali. Il Quoziente Intellettivo medio dei partecipanti era di 74-76 punti. I ragazzi vennero testati a metà del programma di studi e alla fine dello stesso, il cui completamento richiese dai due ai tre anni a seconda dei casi. 142 studenti parteciparono al test intermedio e 121 a quello finale. Al gruppo sperimentale venne impartito il Programma di Arricchimento Strumentale, al gruppo di controllo il normale piano didattico di istruzione speciale. I dati sul rendimento furono analizzati in termini di acquisizione, ossia valutando il grado di padronanza da parte degli studenti degli strumenti del programma di arricchimento; di generalizzazione vicina delle strategie cognitive, valutata attraverso i sub-test delle Abilità Mentali Primarie di Thurstone, il French Kit e le parti del Programma di Arricchimento Strumentale immediatamente successive a quelle svolte dagli allievi; e di generalizzazione lontana, testata tramite parti avanzate del Programma di Arricchimento Strumentale, oltre al French Kit e a test lessicali e matematici. Il test intermedio mostrò come il gruppo sperimentale fosse superiore a quello di controllo per acquisizione, ovviamente, per generalizzazione vicina ma non per generalizzazione lontana. Per l'analisi finale il gruppo sperimentale fu diviso in due, quella parte di studenti che avevano frequentato almeno il 70% delle lezioni di Programma di Arricchimento Strumentale, e quelli che ne avevano frequentato meno del 70%. Il gruppo che aveva ricevuto il maggior numero di lezioni risultò più competente rispetto all'altro sia in acquisizione, sia in generalizzazione vicina e lontana. Il gruppo di controllo invece superò il gruppo sperimentale in matematica, e riportò un punteggio migliore in generalizzazione lontana rispetto al gruppo che aveva ricevuto meno del 70% delle lezioni. Questi dati relativi al gruppo di controllo sono interessanti perché mostrano come il materiale utilizzato nelle unità

del Programma di Arricchimento Strumentale, rigorosamente privo di contenuti specifici, non sempre riesce ad essere usato a fini pratici, rimanendo troppo slegato dalle materie di studio. Per questo motivo molti mediatori hanno enfatizzato l'importanza di creare un collegamento tra quanto esercitato durante l'arricchimento strumentale e i contenuti delle varie materie. A questo proposito Kozulin riporta una ricerca eseguita da Sanchez in una scuola pubblica di campagna in Spagna, mirata a valutare i cambiamenti cognitivi nell'intelligenza verbale in bambini di otto anni con problemi di lettura. Ad un gruppo sperimentale composto da 25 studenti fu insegnato il Programma di Arricchimento Strumentale per tre ore a settimana per tre anni. Da notare che Sanchez creò dei materiali particolari volti ad agevolare la generalizzazione delle strategie cognitive in ambito linguistico. Il gruppo sperimentale fu confrontato con un gruppo di controllo formato da 22 bambini di analoga età, simili QI e status socio-economico. Al termine della sperimentazione il QI verbale dei due gruppi fu misurato con la scala WISC, il punteggio del gruppo sperimentale risultò significativamente più alto per quanto riguarda lessico, comprensione e somiglianze.

Uno degli studi numericamente più consistente, eseguito su studenti con basso rendimento scolastico, è stato condotto nelle scuole pubbliche di Porto Rico [Kozulin 2000]. I ricercatori selezionarono un gruppo di 246 alunni con scarso rendimento nelle classi prima, seconda e terza secondaria di primo grado. A metà degli allievi fu insegnato il Programma di Arricchimento Strumentale per uno, due o tre anni, al gruppo di controllo venne impartito un normale programma scolastico. Gli studenti furono testati prima e dopo l'intervento con le Matrici Standard di Raven e il test di Cattell, forma A e B. Risultò una differenza statisticamente significativa a favore del gruppo sperimentale in entrambi i test, inoltre si registrò una disparità nel rendimento direttamente correlata alla durata dell'esposizione all'arricchimento strumentale.

Oltre alle ricerche condotte su studenti con problemi di apprendimento e basso rendimento scolastico, Kozulin riporta un buon numero di studi relativi a persone immigrate di cultura diversa e appartenenti a minoranza. Lo stesso Kozulin è l'autore di buona parte di questi studi. Purtroppo si tratta spesso di sperimentazioni numericamente non consistenti. Vi è comunque una ricerca interessante che

coinvolge persone adulte e ben istruite: un gruppo di docenti immigrati in Israele dall'Etiopia. I docenti mostravano un livello cognitivo, valutato con le Matrici di Raven, molto inferiore rispetto a quello previsto considerando il loro grado di istruzione, vennero quindi esposti a 352 ore di Programma di Arricchimento Strumentale nell'arco di sedici mesi. A seguito di questo periodo dimostrarono un netto miglioramento, statisticamente significativo, nelle performance cognitive.
Per concludere questa panoramica sugli studi a sostegno della modificabilità cognitiva attraverso la mediazione e l'arricchimento strumentale, riporto lo studio su vasta scala condotto nella regione di Alberta, in Canada, da Mulcahy e colleghi [Mulcahy et al. 1993]. Si tratta del confronto tra due diversi programmi di educazione cognitiva, l'arricchimento strumentale di Feuerstein e lo Strategies Program for Effective Learning/Thinking (SPELT). La valutazione è durata tre anni, coinvolgendo 900 alunni, di cui 200 con difficoltà di apprendimento, 200 intellettivamente dotati, e i restanti considerati normali. Per valutare gli allievi furono utilizzati in Canadian Cognitive Abilites Test e il Canadian Achievement Test, gli studenti che risultavano inferiori alla media di una deviazione standard o più nel primo test, ed erano inferiori alla media anche nel secondo test, venivano categorizzati con difficoltà di apprendimento, gli studenti superiori alla media di una deviazione standard o più nel primo test e con punteggi superiori alla media nel secondo erano categorizzati come dotati, tutti gli altri rientrarono nel gruppo normale. Gli interventi furono iniziati a due livelli di istruzione, il quarto e il settimo anno di scolarizzazione, e si protrassero per due anni. Entrambi i gruppi sperimentali, quello dello SPELT e quello del Programma di Arricchimento Strumentale, ricevettero 120 minuti di intervento cognitivo a settimana. I docenti SPELT insegnavano agli studenti strategie di apprendimento, generalizzazione e creazione delle strategie cognitive usando materiali con contenuto matematico e linguistico; l'arricchimento strumentale invece, come di consueto, utilizzava le unità prive di contenuti scolastici. Agli alunni del gruppo di controllo fu impartito il normale programma di istruzione. Gli autori cercarono di capire quali fossero gli effetti dell'educazione cognitiva sulle capacità di apprendimento e di ragionamento, sul profitto scolastico in lettura e matematica e sulla motivazione allo studio. Gli studenti furono testati immediatamente prima, a metà e al termine

dei due anni di intervento, e nuovamente un anno più tardi, per valutare quanto gli eventuali miglioramenti sarebbero stati stabili nel tempo.
Sia lo SPELT che il Programma di Arricchimento Strumentale produssero complessivamente degli effetti positivi, soprattutto sugli studenti con difficoltà di apprendimento, secondariamente in quelli dotati, mentre gli studenti normali registrarono i progressi minori. Lo SPELT produsse cambiamenti positivi più accentuati rispetto al Programma di Arricchimento Strumentale, inoltre fu ricevuto in maniera maggiormente favorevole dagli insegnanti e dai genitori degli allievi. A differenza dello SPELT il Programma di Arricchimento Strumentale non provocò effetti sul profitto scolastico in lettura, tuttavia i miglioramenti in matematica del gruppo che ricevette l'arricchimento strumentale furono maggiori di quelli del gruppo SPELT e del gruppo di controllo. Entrambi i programmi sperimentali ebbero effetti positivi sulle capacità di ragionamento e sulla motivazione. Inoltre gli studenti che cominciarono l'intervento durante il quarto anno di scolarizzazione ricevettero complessivamente maggiori benefici dallo SPELT, mentre gli studenti che iniziarono al settimo anno al contrario migliorarono maggiormente con l'arricchimento strumentale. Non fu possibile determinare una buona stabilità dei miglioramenti nel tempo, in quanto questa variò molto per tutti gli effetti valutati sia in funzione del programma di intervento, sia in base all'età e al grado di brillantezza degli studenti.
La sperimentazione condotta da Mulcahy è interessante in quanto dimostra che, anche se il Programma di Arricchimento Strumentale non è risultato l'intervento complessivamente migliore, è possibile ottenere una modificazione cognitiva dotata di effetti positivi sulle capacità di apprendimento e di pensiero in seguito ad interventi educativi di diverso tipo.

3.1.2 critiche verso gli studi effettuati

Sono stati condotti numerosi altri studi sugli effetti del Programma di Arricchimento Strumentale, tuttavia facendo una cernita delle ricerche esistenti ho finito per

scartarne una buona parte. In primo luogo per via della scarsa consistenza numerica dei singoli campioni di ricerca, spesso limitati a piccoli gruppi inferiori alle venti unità. In secondo luogo per via dell'elevata particolarità di molti studi che riguardavano casi peculiari e scarsamente idonei ad essere generalizzati, come alcuni casi di riabilitazione psichiatrica, oppure singole classi nelle quali un insegnante ha svolto una ricerca-azione, o ancora piccoli gruppi di lavoratori esposti ad arricchimento strumentale all'interno di un programma di formazione aziendale. La fondatezza di simili ricerche è scarsamente controllabile. Inoltre gli studi effettuati su un campione esiguo di persone non sono stati condotti in maniera approfondita, idiografica, come ricerca interpretativa, cosa che avrebbe potuto gettare luce su aspetti personali, portare a comprendere meglio l'esperienza di arricchimento strumentale. Piuttosto sono stati utilizzati da Feuerstein [2006] secondo la logica della testimonianza: Feuerstein descrive pochi casi emblematici in cui il cambiamento cognitivo è stato sensazionale, ben più positivo di quello ottenuto nella maggior parte degli interventi.

Le critiche più radicali alle sperimentazioni volte a sostenere l'efficacia dell'arricchimento strumentale nel promuovere la modificabilità cognitiva vengono poste da Büchel [2007]. Büchel critica in generale la mancanza di definizione delle funzioni cognitive carenti, sostenendo che si tratta di un misto di abilità, conoscenze e tratti della personalità, inoltre ritiene insufficiente l'evidenza empirica degli effetti dell'arricchimento strumentale, soprattutto per quanto concerne le materie scolastiche. Trovo le critiche di Büchel sensate, alla prima risponderò alla fine di questo capitolo, quando ridefinirò le funzioni cognitive e il loro rapporto con l'intelligenza. Mentre porto immediatamente avanti la seconda critica, problematizzandola: perché non si trova un'evidenza dell'efficacia dell'arricchimento strumentale, nonostante nel complesso tutti gli studi indichino alcuni miglioramenti cognitivi e della performance scolastica, sia nei gruppi sperimentali sia, in misura minore, nei gruppi di controllo?

Vi sono due ragioni di tipo metodologico che hanno reso confusi i risultati delle sperimentazioni: anzitutto non è emerso dagli studi effettuati quali siano gli indicatori del recupero delle funzioni cognitive, infatti, essendo queste mal definite, è difficile individuare con precisione cosa misurare nei test mirati a valutare il

presunto recupero delle stesse. I diversi studi hanno impiegato vari test per saggiare gli effetti del Programma di Arricchimento Strumentale, in linea di massima test di Quoziente Intellettivo, valutazioni di performance in matematica e prima lingua e scale per la misura dell'autostima; i risultati così ottenuti sono scarsamente analitici, e difficili da relazionare con il recupero delle singole funzioni cognitive. Questo atteggiamento è dovuto ad un ulteriore problema metodologico: definire le variabili dipendenti. Dal momento che lo scopo del Programma di Arricchimento Strumentale è "accrescere la capacità dell'essere umano di modificarsi attraverso l'esposizione diretta agli stimoli e all'esperienza fornita dagli incontri con gli eventi della vita e con le opportunità formali e informali di apprendimento" [Feuerstein 2006, p235], e che questo scopo è stato suddiviso in sei sotto-obbiettivi, di cui ho già scritto[54], qualora si voglia valutare se l'arricchimento strumentale, quando accompagnato da mediazione, è in grado di promuovere tale capacità di modificarsi, è logico prendere come variabili indipendenti il grado di esposizione all'arricchimento strumentale e la qualità della mediazione, e come variabili dipendenti prima i sei sotto-obbiettivi e in conclusione la modificabilità cognitiva. In modo da correlare mediazione e arricchimento strumentale ai sei sotto-obbiettivi, e questi alla capacità di modificarsi. Nessuno degli studi che ho esaminato è stato impostato secondo un simile schema, piuttosto tali ricerche si limitano a misurare alcune variabili che si presuppone fungano da indicatori della modificabilità cognitiva. Per quanto ritenga legittimo prendere misure del Quoziente Intellettivo e della performance scolastica quali indicatori di modificabilità cognitiva, rimane che gli studi effettuati siano caratterizzati da limitata validità interna in quanto non riescono ad indicare con precisione le relazioni esistenti tra i fattori che incidono sulla modificabilità cognitiva da un lato e la modificabilità cognitiva stessa dall'altro.

Il focus principale del Programma di Arricchimento Strumentale è il recupero delle funzioni cognitive carenti, tuttavia la maggior parte delle ricerche sugli effetti

54 Essi sono: recupero delle funzioni cognitive carenti, acquisizione di concetti fondamentali, etichette, vocaboli, operazioni e relazioni, formazione di abitudini cognitive, produzione di processi riflessivi e metacognitivi come risultato del confronto con i successi e con i fallimenti nei compiti, creazione di una motivazione intrinseca al compito, trasformazione dell'allievo da recettore e riproduttore di informazioni passivo a produttore attivo di nuove informazioni.

dell'arricchimento strumentale non prende in considerazione le numerose funzioni cognitive e gli effetti dei vari strumenti sulle stesse, e quindi, pur avendo alcuni studi riscontrato dei miglioramenti cognitivi, non sono stati in grado di sostenere che tali miglioramenti siano dovuti al recupero delle funzioni carenti. A questo va aggiunta l'età ancora adolescenziale di molti soggetti sperimentali, ed è noto che la cognizione degli adolescenti non è del tutto sviluppata, quindi diventa difficile escludere che i cambiamenti siano dovuti alla semplice maturazione. Anche se i gruppi sperimentali hanno registrato i progressi maggiori, e questo in maniera statisticamente significativa, pertanto il normale processo evolutivo è responsabile solo in parte dei cambiamenti cognitivi.

Inoltre vi è il problema di distinguere tra intelligenza psicometrica e capacità di modificarsi. Di fatto non sempre il guadagno di punti nei test del Quoziente Intellettivo corrispondeva ad un miglioramento accademico, tuttavia si sono registrati casi in cui entrambi i miglioramenti avvenivano. In realtà molti studi indicano dei miglioramenti cognitivi anche nei gruppi di controllo. In sintesi i risultati sono parzialmente ambigui.

Di certo il fatto che variabili come status socio-economico e livello di istruzione della famiglia influenzino le capacità cognitive, e i dati che mostrano come programmi differenti dall'arricchimento strumentale, sia cognitivi come lo SPELT sia basati sui normali contenuti scolastici, possano essere correlati a miglioramenti intellettivi e di rendimento scolastico, dimostrano come la modificabilità sia un fenomeno non esclusivamente dipendente dal Programma di Arricchimento Strumentale.

Nonostante tutte le critiche che si possano muovere, è tuttavia innegabile che tutti gli studi puntino in una direzione generale di miglioramento cognitivo. In conclusione le ricerche svolte indicano che esista la possibilità di modificare intenzionalmente la cognizione, tuttavia non hanno saputo indicare con chiarezza gli effetti delle diverse pratiche educative sull'intelligenza. Quindi, sapendo che le attività mentali possono modificare tanto l'intelligenza psicometrica quanto le performance accademiche, diventa importante individuare quali siano quei processi mentali, e allo stesso tempo cerebrali, che producono i cambiamenti maggiormente adattivi.

3.2 la Modificabilità Cognitiva Strutturale dal punto di vista delle neuroscienze

Se gli studi sul Programma di Arricchimento Strumentale indicano la modificabilità cognitiva come plausibile, ci sono indicazioni simili che provengono dalle neuroscienze.

Cosa possono dire le neuroscienze cognitive riguardo al modo in cui l'attività cerebrale plasma il cervello, ed è a propria volta modulata dai cambiamenti cerebrali?

Le indicazioni a favore della modificabilità cognitiva provengono dagli studi sulla plasticità cerebrale: essa, in qualità di correlato neurale di tutte le forme di apprendimento, è la caratteristica cerebrale che consente la modificazione cognitiva.

In questo paragrafo tratterò le proprietà cerebrali che consentono la modificabilità cognitiva suddividendole in due tipi fondamentali. I processi alla base della plasticità cerebrale danno infatti origine a due funzioni di adattamento distinte: la potenzialità di adattamento ad un qualsiasi ambiente e il miglioramento dell'adattamento ad ambienti specifici. Tali proprietà cerebrali sono modulate da numerosi fattori dipendenti in larga misura dalla socializzazione, e divisibili anch'essi in due tipi fondamentali: emozioni e beliefs[55].

Il primo tipo di modificabilità, quella di potenzialità di adattamento generale, dipende dalla Working Memory e dagli aspetti del suo funzionamento; il secondo tipo di modificabilità, quella di miglioramento di adattamento specifico, dipende dalla formazione di mappe neurali che sono alla base di skills e disposizioni.

I due tipi lavorano in sinergia e si sovrappongono parzialmente, infatti l'attività mentale che conduce al miglioramento nell'una, si riflette spesso in un debole miglioramento nell'altra. Questo è dovuto al fatto che i processi di Working

---

55 Ho preferito il termine inglese, rispetto all'italiano “credenze”, in quanto sto qui utilizzando il vocabolo secondo un significato ben preciso, che chiarirò in dettaglio nelle prossime pagine.

Memory e di formazione di mappe sono correlati, ma svolgono ruoli diversi: la Working Memory è necessaria alla formazione di nuove mappe, che per loro stessa natura sono costituite da percorsi sinaptici facilitati, e dunque si creano anche grazie alla depressione di certe sinapsi, isolandosi in parte dal tessuto nervoso circostante. Ne consegue che, grazie al potenziamento della forza sinaptica, risultano facilitati i compiti di Working Memory che coinvolgono il dominio specifico a cui risponde una mappa. Si tenga infatti conto che l'efficienza della Working Memory è in funzione della forza sinaptica. Inoltre tutta l'attività mentale coinvolge la Working Memory, e l'attività mentale plasma continuamente il cervello proprio modificando le mappe neurali. Tuttavia quando un organismo si relaziona sempre allo stesso ambiente, ovvero quando non apprende nulla di nuovo, l'attività mentale tende a conservare le strutture adattive, evitando di promuovere cambiamenti significativi. Qualora l'organismo affronti situazioni ambientali nuove, l'attività mentale inizierà subito a modificare le strutture cerebrali, la capacità di adattarsi con efficacia dipenderà dall'efficienza degli scambi tra sinapsi. La Working Memory è in funzione di tali scambi, e ne costituisce la parte cognitiva. Pertanto, da un lato l'attivazione della Working Memory tende a formare mappe, dall'altro la formazione di mappe potenzia le sinapsi determinando una maggior efficienza locale nella Working Memory.

Usando il linguaggio di Feuerstein questo ha a che vedere con la dicotomia contenuti – assenza di contenuti: il primo tipo di modificabilità è privo di contenuti, dipende infatti dalla possibilità di aumentare l'efficienza della Working Memory al di là di domini specifici; il secondo tipo è al contrario una plasticità che Feuerstein definirebbe dipendente da contenuti, le mappe neurali si organizzano infatti secondo funzioni specifiche, ossia è possibile localizzare le mappe in base alle funzioni che le contraddistinguono, così che quando, ad esempio, si affronta un compito di natura verbale l'attività cerebrale aumenta sempre nella medesima area cerebrale; allo stesso modo, se il compito è di diversa natura l'attività aumenterà in una diversa area.

É possibile rintracciare un esempio dei due diversi tipi di modificazione cognitiva nella sperimentazione volta a sviluppare un training cognitivo coerente con i principi della plasticità cerebrale [Smith et al. 2009]. Smith e colleghi hanno

condotto un'investigazione sull'efficacia del training cognitivo in persone tra i 65 e gli 80 anni. L'intervento ha coinvolto 487 soggetti, divisi in due gruppi paragonabili per età, genere, Quoziente Intellettivo, anni di scolarizzazione, stato di salute generale, capacità uditive e visive. Entrambi i gruppi sono stati sottoposti a 40 ore di training durante l'arco di otto settimane. Un gruppo ha ricevuto stimolazioni non specifiche, attraverso sei tipi di esercizi, proposti via computer, volti a mettere alla prova la memoria verbale, l'attenzione e la rapidità di risposta. Gli esercizi aggiustavano automaticamente il livello di difficoltà in base ai soggetti, in modo da mantenere una media di 85% delle risposte corrette. Invece l'altro gruppo ha guardato dei DVD educativi con contenuti di storia, arte e letteratura, in seguito ha risposto a questionari riguardanti gli argomenti trattati negli stessi DVD. Al termine delle otto settimane i due gruppi sono stati controllati usando i seguenti test volti a misurare memoria e attenzione: Repeatable Battery for the Assessment of Neuropsychological Status, Rey Auditory Verbal Learning Test, Rivermead Behavioral Memory Test, Wechsler Memory Scale e Letter-Number Sequencing, inoltre venne eseguita la misurazione dei tempi di risposta. Dallo studio risulta che entrambi i gruppi siano migliorati sia per quanto riguardo la memoria, sia per l'attenzione, sia per la rapidità di risposta. Il gruppo che ricevette stimolazioni non specifiche ebbe i miglioramenti più accentuati[56].

Questi risultati indicano che, come Feuerstein aveva compreso, l'assenza di contenuti consenta di ottenere guadagni in termini di efficacia cognitiva, ma anche il training basato su contenuti ha condotto a risultati positivi.

L'intento di Smith era di dimostrare che la modificazione cognitiva basata su contenuti è perfettamente in grado di migliorare alcune performance specifiche, e quindi aumentare l'adattamento ad un ambiente dato, ma non è altrettanto efficacie nel promuovere la capacità di far fronte a situazione nuove, e dunque incrementare la capacità di adattarsi in generale. In altre parole Smith effettua lo stesso ragionamento di Feuerstein.

56 Certo l'intervento di Smith ha durata troppo breve per promuovere delle modificazioni strutturali, ossia globali, stabili e disponibili a generare ulteriori progressi. Come aveva ben intuito Feuerstein è importante sviluppare delle abitudini affinché un programma cognitivo eserciti i propri effetti in modo duraturo. Rimane invece importante notare come in solo due mesi si sono prodotti dei cambiamenti rilevanti nelle capacità attentive e mnemoniche, questo è indice della notevole plasticità cerebrale negli anziani.

Personalmente, visto i risultati complessivamente positivi dei vari studi che ho esaminato, mi sento giustificato nell'affermare che entrambi i tipi di modificabilità cognitiva contribuiscono alla modificabilità strutturale.
Ad ogni modo, seguendo il pensiero di Feuerstein, per prima cosa valuterò se si possa modificare la Working Memory in maniera globale, al di là dei potenziamenti legati a specifici contenuti dovuti agli aumenti di forza sinaptica che conducono alla formazione di mappe neurali.

3.2.1 modificare la Working Memory

La Working Memory è quella memoria a brevissimo termine che consente di tenere un numero di informazioni limitato in mente, e di relazionarle con memorie più antiche. In ambito neuroscientifico la Working Memory è considerata la proprietà fisiologia alla base delle capacità cognitive. Edin e colleghi [2007] hanno sottolineato l'altissima correlazione tra connettività sinaptica e capacità di Working Memory: più le sinapsi sono in grado di trasmettere i segnali con efficienza, più la Working Memory è in grado di mantenere informazioni e di connetterle tra loro. La connettività sinaptica è rafforzata dal potenziamento dettato dall'esperienza, tuttavia dipende fondamentalmente da caratteristiche fisiologiche innate: persone diverse presentano connettività diversa, quindi esibiscono capacità differenti di elaborare informazioni e di ricordarle. La capacità della Working Memory è correlata con l'intelligenza fluida e con le capacità attentive: come già citato nel primo capitolo, Conway e colleghi [2003] sostengono che la capacità della Working Memory sia altamente correlata al fattore *g* proposto da Spearman, in particolare riportano una correlazione compresa tra 0.8 e 0.9 tra capacità di ragionamento e capacità della Working Memory. Più recentemente McNab e colleghi [2008] hanno sottolineato come la Working Memory sia principalmente una condizione per l'intelligenza fluida, così che se la Working Memory è danneggiata si assiste a dei deficit cognitivi, ma che la sola capacità di tenere a mente molte informazioni non sia sufficiente come base per l'intelligenza. Secondo

McNab il controllo interno dell'attenzione gioca un ruolo importante, consentendo di mantenere a mente solo alcune informazioni, mentre i fenomeni di distrazione sarebbero in grado di interferire con la capacità della Working Memory. Per provare il ruolo dell'attenzione e la sua relazione con il mantenimento della Working Memory McNab e colleghi hanno realizzato un esperimento che consisteva nel richiedere a 11 soggetti sani di completare dei compiti di Working Memory e dei compiti di mantenimento dell'attenzione, i soggetti sono stati sottoposti a risonanza magnetica funzionale, mostrando che le aree attivate durante i due tipi di compiti fossero in larga misura sovrapponibili. Il controllo dell'attenzione è strettamente correlato con la capacità di inibire selettivamente le connessioni sinaptiche, mantenendo in attività solo alcuni processi di Working Memory, limitando così la sua capacità ad un numero di elementi gestibile, ossia sufficientemente piccolo da essere mantenuto per un tempo abbastanza lungo da consentire l'integrazione con memorie più antiche. Dal momento che l'attività sinaptica va incontro a fenomeni di abituazione nel giro di pochi secondi, risulta chiaro quanto sia critica la regolazione attentiva della Working Memory. Visto che le memorie più antiche sono acquisite tramite potenziamento a lungo termine, e che il potenziamento rafforza la connettività sinaptica migliorando la capacità di tenere a mente informazioni, è evidente quanto sia stretta la relazione tra Working Memory e formazione di mappe neurali. Edin e McNab [2009] hanno individuato nelle aree prefrontali i correlati neurali di questo controllo interno dell'attenzione, concludendo che proprio i meccanismi di controllo attentivo interno modulino la capacità della Working Memory.

In realtà già nel 2002 Kane e Engle avevano postulato il ruolo della corteccia prefrontale nell'intelligenza fluida, nella capacità della Working Memory e nell'attenzione esecutiva. Al di là della localizzazione, è rilevante mettere in luce che non si sono riscontrate differenze tra i meccanismi di controllo interno dell'attenzione e meccanismi che determinano le informazioni che una persona è in grado di tenere a mente, si tratta di un fenomeno unitario.

Gli studi di Mogle [2008] completano il quadro del rapporto tra intelligenza e Working Memory. Mogle ha condotto una ricerca confrontando i punteggi ottenuti da 383 studenti, di età compresa tra i 18 e i 25 anni, nelle Matrici Progressive di

Raven, in compiti di Working Memory e in compiti di memoria secondaria[57]. Il Quoziente Intellettivo misurato con le Matrici di Raven, considerate tra i test maggiormente in grado di misurare il fattore *g* e l'intelligenza fluida [Anastasi e Urbina, 1997], è fortemente correlato sia alla capacità di mantenere a mente le informazioni a dispetto di elementi di disturbo, sia dall'abilità, misurata nei test di memoria secondaria, di ricordare in maniera efficiente.

In sintesi, dal momento che l'attività sinaptica è in grado di mantenere gli scambi tra neuroni in maniera limitata, sia in termini temporali che quantitativi, è necessaria l'azione selettiva dei processi attenzionali che consenta di propagare l'attivazione neurale alle memorie, dichiarative o meno, che l'organismo ha sviluppato come adattamenti all'ambiente, in tempi sufficientemente brevi da non incorrere nell'esaurimento della capacità sinaptica di mantenere la propria attività chimica ed elettrica.

Così si delineano gli elementi alla base della cognizione: la Working Memory, quell'attività sinaptica che avviene nelle cortecce cerebrali implicate nella cognizione e dunque nell'elaborazione dei comportamenti complessi e nell'attività mentale, è dotata di una durata, che è dipendente dalla rapidità con cui i potenziali si propagano attraverso gli assoni e dalle riserve chimico-fisiche delle membrane neuronali, e di una capacità, che è in funzione della forza connettiva delle sinapsi in una data area [Binder et al. 2009]. L'attenzione esecutiva orienta la Working Memory in modo da mantenere il focus dell'attivazione su alcuni percorsi sinaptici, spostando il focus frequentemente in modo da consentire un continuo aggiornamento dei percorsi attivati [Wilson, 1999]. Questa attivazione costituisce l'attività mentale cosciente. I percorsi dipendono dal repertorio secondario, e sono plasmati dall'esperienza, attraverso di essi l'attività neurale presente si collega a quella passata, o per meglio dire le modificazioni pre-esistenti vengono attivate dai potenziali evocati presenti, in tal modo i processi cerebrali attuali richiamano le memorie passate, che sono modificazioni nella forza sinaptica.

L'equilibrio tra selezione operata dall'attenzione interna e la durata e la capacità

57 Mogle riprende il linguaggio di William James, distinguendo tra memoria primaria e secondaria. Mentre la memoria primaria è in funzione della capacità della Working Memory, la memoria secondaria dipende sia da questa sia da come le informazioni sono categorizzate, ossia è dipendente anche delle mappe neurali.

della Working Memory è soggetto a cambiamenti, è ad esempio disturbato dai meccanismi dell'attenzione esterna [Olesen e colleghi, 2006], che spostano il focus dell'attivazione cerebrale in risposta a riflessi automatici innescati da fattori esterni come il movimento o il suono, è inoltre disturbato dalla mancanza di sonno [Cardinali in Battro, 2008]. Per questo quando si è stanchi o ci si trova in un luogo pieno di distrazioni le performance cognitive tendono a peggiorare. Inoltre gli stati emotivi interferiscono, potenziando o disturbando i processi sopra descritti. Il potenziamento sinaptico è uno dei fattori più importanti, tanto che la correlazione tra esperienza e performance è ben nota, tuttavia agisce in maniera esclusiva su certe abilità e conoscenze. Di queste cose discuterò più avanti, la domanda a cui intendo rispondere ora è se sia possibile modificare in maniera globale i processi di Working Memory, attenzione interna e integrazione di memorie. Una risposta affermativa proviene dai risultati di una serie di interventi volti ad addestrare la Working Memory grazie ad esercizi proposti via computer. Sternberg [2008] sostiene che l'intelligenza fluida sia incrementabile grazie al Working Memory training. Sternberg si riferisce in particolare agli studi di Jaeggi e colleghi [2008], i quali hanno esaminato quattro gruppi di studenti universitari, per un totale di 70 soggetti, facendoli esercitare per un'ora al giorno attraverso compiti di Working Memory, il primo gruppo è stato addestrato per 8 giorni, il secondo per 12, il terzo per 17 e il quarto per 19. Sono inoltre stati eseguiti un pre-test e un post-test del Quoziente Intellettivo con le Matrici di Raven, sia ai gruppi sperimentali sia a quattro gruppi di controllo. Risultò un palese miglioramento nei test di Quoziente Intellettivo nei gruppi sperimentali, si riscontrò un miglioramento maggiore in proporzione ai giorni di addestramento, così che il gruppo che si era esercitato per 8 giorni ebbe il miglioramento più modesto, seguito dal gruppo che si era esercitato per 12 giorni, da quello con 17 giorni, e il gruppo con 19 giorni di addestramento ebbe i miglioramenti più significativi.

Gli studi di Jaeggi sono preceduti da delle ricerche in campo medico sull'addestramento della Working Memory in bambini con ADHD [Klingberg et al. 2005] e in pazienti neurologici adulti con stroke [Westerberg et al. 2007]. L'allenamento della Working Memory via esercizi computerizzati era stato in origine pensato per bambini con deficit di attenzione, Klingberg effettuò un

intervento della durata di 20 giorni condotto su 44 bambini dai 7 ai 12 anni di età. Klingberg riporta che fin dagli anni novanta si era ipotizzato che la Working Memory giocasse un ruolo importante nella ADHD, quindi tentò di sostituire le cure farmacologiche con degli esercizi mirati. I risultati della sperimentazione furono positivi, si registrò infatti un miglioramento nei punteggi di Quoziente Intellettivo misurato con le Matrici di Raven, e una valutazione di follow-up dopo tre mesi rivelò che i miglioramenti erano stabili. Westerberg utilizzò una metodologia analoga su un gruppo di 18 pazienti con stroke, di età media 54 anni. Anche in questo caso si registrarono miglioramenti significativi utilizzando sia il WAIS-R sia le Matrici Progressive di Raven, inoltre i pazienti riportarono una diminuzione di sintomi cognitivi in un questionario di auto-valutazione.

Queste prime ricerche hanno ventilato la possibilità di miglioramento cognitivo in persone con deficit intellettivi [Perrig et al. 2009]. Perrig riporta alcuni studi condotti su bambini e adulti affetti da sindrome di Down, i risultati del training della Working Memory sono stati positivi, ma modesti e limitati rispetto a quelli ottenuti con soggetti normali. Questo conduce a domandarsi quanto l'intelligenza fluida sia in generale modificabile. Rispondere a tale domanda non è facile in quanto porta ad imbattersi nel dibattito sull'ereditabilità dell'intelligenza: quanto il patrimonio genetico fissi l'intelligenza, e quanto invece essa sia modellata dall'ambiente, e ancora quanto sia plausibile agire intenzionalmente su di essa. Di certo il make-up genetico impone dei limiti, e anche l'ambiente di apprendimento non è indefinitamente manipolabile e controllabile, di fatto gli interventi di Working Memory training hanno permesso di incrementare le capacità cognitive di 0.7 – 0.9 deviazioni standard nei soggetti adulti e normali [Westerberg et al. 2007]. Per quanto riguarda l'attenzione esecutiva, che è correlata all'intelligenza generale ma non ne giustifica completamente la variabilità, gli studi su 26 coppie di gemelli monozigoti e 26 coppie di gemelli dizigoti dello stesso sesso, ne stimano l'ereditabilità allo 0.89 [Posner in Battro, 2008]. Questi dati suggeriscono che un miglioramento delle capacità cognitive generali superiore ad una mediazione standard sia improbabile da raggiungere attraverso il training della Working Memory e dei processi attentivi interni ad essa legati.

Engel e colleghi [2008] hanno invece tentato di misurare l'influenza dello status

socio-economico sul funzionamento della Working Memory in bambini di 6-7 anni. Quindi hanno confrontato le performance linguistiche, di vocabolario, e di capacità della Working Memory in due gruppi di 20 bambini, gli uni classificati come alto livello socio-economico e gli altri come basso livello. Utilizzando l'Expressive One-Word Picture Vocabulary Test e il British Picture Vocabulary Scale–Second Edition, è stata evidenziata una significativa differenza di vocabolario nei due gruppi, ma una differenza minima nelle performance di Working Memory, Engel e colleghi dunque ne concludono che quest'ultima sia immune dall'influenza delle condizioni familiari. In realtà il loro esperimento contiene una fallacia logica: infatti i due gruppi di bambini sono stati selezionati in modo da dimostrare analoghe capacità cognitive generali, misurate con le Matrici Progressive di Raven. Gli stessi autori riportano di aver escluso dallo studio alcuni bambini di alto livello socio-economico in quanto avevano un Quoziente Intellettivo oltre il novantesimo percentile. Dal momento che i punteggi ottenuti con le Matrici di Raven sono fortemente correlati alle performance di Working Memory, è del tutto ovvio che, costruendo due gruppi omogenei sotto l'aspetto dei risultati del test di Raven, i due gruppi sarebbero stati simili anche sotto il profilo della Working Memory.

Lo studio di Engel ha comunque il pregio di mettere in evidenza come delle capacità rilevanti per l'apprendimento, quali il vocabolario, sono in buona misura indipendenti dalla capacità globale della Working Memory, e quindi possono essere ulteriormente modificabili, al di là del training sulla Working Memory stessa. Tratterò questo aspetto nel paragrafo sulla modificazione delle mappe neurali.

Westerberg e Klingberg [2007] hanno portato ulteriormente avanti le loro ricerche, indagando attraverso uno studio in risonanza magnetica funzionale sui cambiamenti corticali generati dall'addestramento della Working Memory. Lo studio ha così evidenziato un incremento dell'attività neurale prefrontale e parietale. È importante notare che queste aree cerebrali si sovrappongono a quelle relative all'intelligenza generale [Posner in Battro, 2008], quindi Working Memory e attenzione esecutiva condividono gli stessi correlati neurali con l'intelligenza generale. Questa è un'ulteriore prova in grado di supportare la stretta relazione esistente tra capacità intellettiva generale e attività della Working Memory.

Sin dal 2000 [Mehta et al.] è inoltre noto che il metilfenidato (Ritalin), utilizzato per migliorare le performance cognitive in persone affette da ADHD, agisce aumentando la concentrazione del neurotrasmettitore dopamina a livello sinaptico proprio nelle aree frontali e parietali del cervello, modulando così la capacità della Working Memory. Considerato questo fatto McNab e Klingberg [2009] hanno misurato i livelli di dopamina in seguito a 5 settimane di Working Memory training, rilevando un aumento nella densità dei recettori dopaminergici associato al miglioramento cognitivo. Dato che la dopamina è coinvolta nell'incentivazione della motivazione e nella funzione di ricompensa [Binder et al. 2009] tratterò questo argomento nel paragrafo dedicato alla modificazione della motivazione.

3.2.2 modificare le Mappe Neurali

La Working Memory è la proprietà neurale che consente la cognizione, è dipendente dalla connettività sinaptica, ed ha una forte componente innata, pur essendo addestrabile come messo in evidenza dagli studi riportati. Solo di recente si è stabilito un legame tra Working Memory training e miglioramento delle capacità cognitive.

Diverso è il discorso sulla costruzione di mappe neurali. Esse dipendono dalla plasticità neurale. Sin dalle ipotesi di Hebb e dalle ricerche volte a confermale, è noto che il disporsi dei gruppi di neuroni in reti è uno dei principali fenomeni alla base dell'apprendimento [Ohl in Binder, 2009]. Le mappe neurali sono strutture dipendenti dall'esperienza, si creano attraverso i meccanismi di Long Term Potentiation e Long Term Depression, vengono costantemente modificate secondo processi di tipo darwiniano, e fungono da base biologica per tutte le capacità, skills e disposizioni.

L'aumento della forza sinaptica corrisponde ad un aumento della connettività sinaptica, migliorando in tal modo l'efficacia della Working Memory, tanto che la correlazione tra esperienza e performance è ben nota, tuttavia tale fenomeno non agisce in maniera generale, ma esclusivamente su certe abilità e conoscenze.

Questo è dovuto al fatto che le mappe si formano grazie ad un potenziano a livello locale della connettività sinaptica, migliorando la capacità della Working Memory relativamente a singoli gruppi di neuroni. Tale rafforzamento si riflette solo su quei comportamenti e su quelle capacità che hanno come correlato neurale l'attività di quegli specifici gruppi neuronali.

Le varie mappe neurali corrispondenti alle diverse skill rilevanti dal punto di vista cognitivo si formano separatamente l'una dall'altra, così che è possibile mostrare dei deficit in un ambito e non in un altro, o viceversa dei miglioramenti limitati ad uno specifico ambito. Ad esempio problemi quali la dislessia, in persone dotate di un buon funzionamento cognitivo generale, dipendono dalla inadeguata formazione di mappe neurali [Goswami, 2008]. Al contrario i deficit nella Working Memory si riflettono in problemi cognitivi generalizzati.

Questa caratteristica di indipendenza implica una modificabilità cognitiva, dovuta alla formazione di mappe neurali, distinta dalla modificabilità globale della Working Memory.

Ne costituiscono un esempio i differenti effetti esercitati sulle varie capacità cognitive da ambienti familiari diversi: Plomin [2003] ha notato che una famiglia adottiva esercita maggiore influenza sulle abilità verbali dei figli che non su quelle spaziali. Infatti nell'ambiente familiare le competenze verbali dei genitori sono mediate ai figli, mentre quelle spaziali in linea di massima non vengono socializzate allo stesso modo.

Le mappe neurali sono coinvolte nell'intero spettro della nostra attività mentale, nei nostri comportamenti e capacità. Le strutture cerebrali alla base della cognizione si auto-organizzano in maniera altamente ordinata [Black, Zhou in Gazzaniga 2004], dei cambiamenti nell'organizzazione in seguito ad una nuova esperienza si riflettono nel grado di adattamento di ciascun individuo al suo ambiente.

Le skills cognitive sono in funzione delle mappe, il rafforzamento sinaptico che porta alla formazione di mappe neurali è in grado di alterare significativamente la capacità della Working Memory [Moore et al. 2006], quindi l'azione della plasticità cerebrale incide sulle diverse skills cognitive, rendendo la riorganizzazione delle mappe neurali un elemento importante della Modificazione Cognitiva Strutturale.

Perfino l'attenzione interna, pur essendo strettamente legata all'azione della

Working Memory, è soggetta a cambiamenti correlati alla riorganizzazione delle mappe neurali: gli studi in risonanza magnetica funzionale condotti da Olesen e colleghi [2006] su 27 adulti, età media 23 anni, e 19 adolescenti, età media 13 anni, impegnati in compiti visuo-spaziali di Working Memory e disturbati da segnali di distrazione, hanno mostrato la differenza nell'attivazione delle cortecce prefrontali tra gli adolescenti e gli adulti: nei primi si registra un'attivazione maggiore. Parallelamente gli adolescenti sono risultati più facilmente distraibili. Mentre gli adulti mostrano una migliore capacità di mantenere l'attenzione, unita ad un'attivazione prefrontale minore. Questo significa che i percorsi sinaptici degli adulti sono maggiormente efficienti grazie alla selezione operata via Long Term Potentiation e Long Term Depression, rendendo più efficaci le mappe neurali che sono implicate nella regolazione dell'attenzione interna. Questo è coerente con le osservazioni sullo sviluppo delle aree prefrontali, che maturano lentamente continuando ad evolvere fino a dopo l'adolescenza [Cornoldi, 2007].

Essendo i correlati corticali delle skills, le mappe neurali sono inoltre implicate nella memoria, sia quella dichiarativa, sia quella procedurale [Wilson e Keil, 1999]. Mentre la formazione di memorie procedurali è interamente riconducibile alla modificazione di mappe neurali, le memorie dichiarative, semantiche ed episodiche, si avvalgono anche di strutture specifiche come l'ippocampo, comunque sono anch'esse dovute all'alterazione di forza sinaptica e quindi inserite nei percorsi delle mappe. Questo comporta il fenomeno dell'incistazione [Cornoldi, 2007]. L'incistazione si ha quando, grazie a percorsi sinaptici fortemente connessi per via dell'esperienza, la capacità della Working Memory relativa ad un compito specifico risulta espansa in maniera significativa. L'esempio più celebre di incistazione riguarda la prodigiosa memoria visiva dei campioni di scacchi [Purves, 2004]: gli scacchisti esperti sono in grado di ricostruire con precisione la posizione dei pezzi sulla scacchiera, dopo averla vista per pochi secondi, similmente sono in grado di ricordare le mosse delle loro partite. Per una persona che si avvicina agli scacchi queste possono sembrare capacità eccezionali, mentre sono del tutto normali, dipendono dal continuo rafforzamento delle sinapsi che formano le mappe neurali coinvolte nel gioco degli scacchi. Questo è dimostrato dal fatto che se i pezzi sono messi sulla scacchiera in maniera casuale la memoria visiva dei

maestri di scacchi risulta addirittura meno precisa di quella dei novizi. Un ulteriore esempio di incistazione è la capacità di ricordare serie di numeri: mentre di norma si riescono a tenere a mente circa 7 numeri, dopo un allenamento specifico, un'ora al giorno per due mesi dedicata a ricordare stringhe numeriche progressivamente più lunghe, si riesce mediamente a ricordare serie di circa 80 numeri [Purves, 2004].

Le esperienze vissute diventano expertise proprio grazie a questo ampio aumento nella capacità di Working Memory dovuto alla costruzione di mappe neurali. In altre parole è attraverso la formazione di mappe che acquistiamo conoscenze e abilità.

Dal momento che è l'attività mentale reiterata a condurre alla formazione delle mappe neurali, queste possono venir considerate i correlati cerebrali delle abitudini. In quanto tali, esse giocano un ruolo importante nell'indirizzare il comportamento, che è frutto dell'attivazione dei percorsi sinaptici costituenti le mappe stesse, e questo aspetto è interessante vista l'importanza che Feuerstein conferisce allo stabilire abitudini.

Ad ogni modo la buona funzionalità cognitiva coincide con il buon adattamento al proprio ambiente, che dipende dalle mappe cerebrali, mentre la Working Memory è una condizione per l'adattamento a qualsiasi ambiente. Creare delle mappe neurali in grado di adattare l'organismo all'ambiente in cui si trova implica la modificazione del comportamento, del modo che l'organismo ha di adattarsi al suo ambiente: la formazione di mappe è il correlato neurale dei cambiamenti nei modi di agire e di relazionarsi alla realtà esterna, di percepire e reagire. Si tratta di un processo creativo, in quanto ogni organismo inaugura differenti, e in parte imprevedibili, relazioni, più o meno adattive, con il mondo in cui vive. La formazione della persona coincide con la formazione e la modificazione di mappe neurali.

3.2.3 modificare l'Intelligenza Emozionale/la Motivazione

I sentimenti soggettivi e gli stati fisiologici ad essi correlati, conosciuti come emozioni, sono delle caratteristiche essenziali dell'attività cerebrale. Esiste una stretta relazione tra emozioni e plasticità neurale, infatti la formazione di memorie è modulata dagli stati emotivi: “L'esperienza emotiva – anche a livello non cosciente – ha una potente influenza su altre funzioni cerebrali complesse, incluse le facoltà neurali responsabili di prendere decisioni razionali e giudizi interpersonali che guidano il comportamento sociale.” [Purves, 2004, p707 – 708].
Non è mio interesse esporre in questa sede la neurofisiologia delle emozioni, argomento vasto che comprende le funzioni del sistema limbico e delle amigdale, nonché gli effetti di neurotrasmettitori in grado di regolare chimicamente gli scambi sinaptici come la norepinefrina [Tully e Bolshakov 2010], piuttosto intendo concentrarmi sugli effetti delle emozioni sulle capacità cognitive.
Le emozioni rivestono un ruolo particolare: esse orientano l'azione. Dal momento che è l'agire a modificare il cervello grazie alla plasticità, le emozioni sono un elemento chiave nell'indirizzare la formazione delle mappe neurali.
Damasio [1994, 1999] ha definito le emozioni come un sistema di valore, in altre parole secondo Damasio gli esseri umani sono in grado di compiere decisioni e di reagire agli stimoli grazie agli stati emotivi, senza i quali tutte le esperienze sono qualitativamente indistinte e quindi indifferenti. Le emozioni sono delle reazioni corporee spontanee, la cui funzione biologica originaria è mantenere l'omeostasi, ossia la stabilità interna dell'organismo. Si tratta dunque di reazioni volte a favorire la sopravvivenza.
Nel caso di organismi dotati di comportamenti complessi, gli stati emotivi innescano azioni volte alla conservazione fisica. Infatti gli stati emotivi piacevoli hanno la funzione di mantenere e incentivare un comportamento, mentre gli stati negativi vengono associati a comportamenti da evitare. Ad esempio la paura è associata a reazioni che preparano alla fuga, come uno scatto del busto e l'impallidire associato ad un minore afflusso alla pelle di sangue, che viene dirottato verso i muscoli. Il disgusto è iniziato dall'arricciamento delle labbra ed

eventualmente da un conato di vomito, entrambe reazioni atte ad espellere del cibo guasto. Al contrario sensazioni di piacere ci portano ad avvicinarci alla fonte della sensazione positiva, a rilassarci e ad indugiare in quanto stiamo facendo, per esempio mangiare qualcosa dal gusto buono ci porta a mangiarne ancora, trovare una fonte di calore quando si prova freddo ci porta ad avvicinarci. Tutte queste reazioni spontanee, compreso il dolore e il piacere, fanno parte del sistema biologico di valori che consente agli organismi di scegliere quali comportamenti siano i più adatti all'ambiente.

Per quanto riguarda gli esseri umani le emozioni non sono solo semplici reazioni corporee automatiche: mentre le emozioni di base sono accompagnate da azioni fisiche prestabilite, gli esseri umani sono in grado di andare oltre tali reazioni spontanee sviluppando una memoria emotiva, ossia associando il ricordo degli stati emotivi con la memoria episodica e semantica. Negli esseri umani è principalmente questa memoria ad orientare l'agire, il che ci consente un controllo molto più raffinato del comportamento rispetto a delle reazioni spontanee stereotipate [Damasio, 1994].

Le concezioni di Damasio richiamano il condizionamento[58], rendendo conto di un punto fondamentale. Infatti il condizionamento implica che l'organismo abbia la capacità di assegnare un significato ad uno stimolo in origine neutro, e quindi di reagire a tale stimolo in base al significato assegnatoli. La capacità di associare uno stato emotivo, costituito da reazioni corporee stereotipate, ad uno stimolo è l'inizio della plasticità cerebrale indotta dall'esperienza in quanto è lo stato emotivo a fungere da indicatore di adattività della risposta. Senza le emozioni la plasticità cerebrale non condurrebbe a modificazioni capaci di migliorare l'adattamento dell'organismo al suo ambiente. In questo risiede la funzione orientante delle emozioni nella modificazione delle strutture corticali.

Il sistema di valori emotivo entra in azione anche per quanto riguarda l'apprendimento, come afferma Singer [in Battro, 2008], quello che gli allievi cercano e di cui hanno bisogno può essere facilmente decifrato dai loro atteggiamenti emozionali, inoltre essi rispondono con emozioni positive alla disponibilità degli stimoli ricercati.

58 Non sto affermando che Damasio sia comportamentista. Esiste tuttavia un parallelismo tra le idee di Damasio e le concezioni comportamentiste.

In sintesi gli stati emotivi modulano, potenziando o disturbando, i processi cognitivi di apprendimento. In particolare si è riscontrato che le emozioni negative incidono sia sui compiti verbali sia su quelli spaziali di Working Memory, diminuendone la capacità di mantenimento delle informazioni [Li, Chan e Luo, 2010].

Disporre di una buona capacità di gestire le emozioni è un vantaggio, questo è quanto sostenuto da Goleman [1995] di cui ho discusso nel primo capitolo. Interessante in proposito l'esperimento condotto da Rubinsten e Tannock [2010], che hanno misurato l'effetto di uno stato emotivo negativo sulle capacità aritmetiche di 23 bambini dai 7 ai 13 anni: ai bambini prima vennero presentate delle liste di parole, emotivamente positive o negative o neutre, e immediatamente dopo fu chiesto loro di risolvere delle operazioni matematiche di addizione, sottrazione, moltiplicazione e divisione. L'esperimento ha mostrato una correlazione tra lo stato emotivo indotto e la facilità di risoluzione delle operazioni, tale che in seguito all'esposizione a liste di parole emotivamente positive le operazioni venivano risolte più rapidamente.

Le performance cognitive sono dunque modulate dagli stati emotivi, questo avviene per via di una convergenza tra le aree cerebrali coinvolte nei processi di Working Memory e quelle correlate alla percezione degli stati emotivi. L'associazione tra stati emotivi e memoria avviene grazie ad un'attività cerebrale convergente verso le aree prefrontali, i sentimenti soggettivi sono "il prodotto di una Working Memory emozionale che sostiene l'attività neurale correlata al processamento dei vari elementi dell'esperienza emotiva. Data l'evidenza delle funzioni di Working Memory nella corteccia prefrontale, questa porzione del lobo frontale – specialmente il settore orbitale e mediale – è verosimilmente il substrato neurale dove tali associazioni sono mantenute a livello cosciente." [Purves, 2004 p705]. La dimensione emozionale del comportamento risiede in questa convergenza di stati emotivi e processi cognitivi, che si intrecciano formando delle mappe neurali che guidano i nostri processi decisionali.

Le emozioni piacevoli incentivano le attività cerebrali a cui sono associate, compresi i compiti di Working Memory. Gli stati emotivi piacevoli dunque, contribuendo al mantenimento dell'attività neurale alla quale sono legati, influenzano il potenziamento sinaptico in quanto l'aumento della forza sinaptica

avviene in funzione dell'attività cerebrale stessa. Questa tendenza all'auto-mantenimento di attività neurali correlate al piacere costituisce la base biologica della motivazione. Si è motivati a portare avanti un comportamento per via degli effetti che le emozioni piacevoli hanno a livello delle aree prefrontali: gli stati emotivi modulano gli aspetti cognitivi incidendo sui potenziali d'azione.

Come già discusso nel primo capitolo, Goleman [1995] ritiene che la motivazione sia la componente dell'intelligenza emozionale maggiormente utile all'apprendere in quanto da un lato incentiva la formazione di mappe neurali, ossia di memorie, dall'altro incide sui processi di Working Memory, ossia cognitivi. Di questo secondo aspetto avevo accennato nel paragrafo 2.1 di questo capitolo, riportando gli studi che relazionano la dopamina alle performance cognitive. Proprio questo è l'aspetto più interessante degli effetti delle emozioni, attraverso la motivazione, sulle capacità cognitive. Mehta et al. [2000] hanno evidenziato un miglioramento nelle capacità di Working Memory, accompagnato da un aumento dei livelli di concentrazione sinaptica di dopamina nelle aree prefrontali, in seguito alla somministrazione di metilfenidato; McNab e Klingberg [2009] hanno registrato un parallelo aumento dei recettori dopaminergici nelle aree prefrontali, a seguito del Working Memory training. Phillips [in Binder 2009] illustra come i livelli di concentrazione di dopamina e i relativi recettori siano i correlati neurali della motivazione e del desiderio, così che l'aumento dei livelli di dopamina sia correlato con i meccanismi di gratificazione e ricompensa. Kauer e Malenka [2007] sottolineano che questi stessi meccanismi sono implicati nei fenomeni di dipendenza. Tutte queste ricerche si accordano con quelle di Phillips [2003] che mettono in luce la relazione tra la dopamina come base biologica dei meccanismi di ricompensa e gratificazione e la capacità della stessa dopamina di modulare i processi mnemonici. Daw e Shohamy [2008] sostengono che la funzione biologica della dopamina, che agisce da ricompensa a livello cerebrale, costituisca la spiegazione neurale del fenomeno del rinforzo nel condizionamento operante.

In parole semplici una notevole mole di studi neuroscientifici concordano nel ritenere le sensazioni gratificanti come la fonte della motivazione, intesa in termini neurali quale tendenza ad autoalimentare le attività cerebrali correlate a quelle stesse sensazioni gratificanti. La dopamina è quindi implicata tanto nelle

sensazioni soggettive piacevoli, quanto nel mantenimento dei processi nervosi. Nel caso delle aree prefrontali, dato che i processi neurali che interessano tali aree sono implicati nella Working Memory e dunque nella cognizione, la dopamina contribuisce a mantenere attivi quei processi, migliorando così la durata della Working Memory e pertanto consentendo delle performance cognitive migliori.

Questo fenomeno neurale corrisponde al comportamento di interesse, definito come uno stato motivazionale, risultante tanto da una situazione particolare quanto dalle caratteristiche individuali di un soggetto, che genera la focalizzazione dell'attenzione su uno o più aspetti dell'ambiente con cui il soggetto interagisce [Hidi, Renninger e Krapp in Dai e Sternberg, 2004]. L'attenzione interna si configura come il mediatore tra interesse e apprendimento: infatti essa è dipendente dall'attività della Working Memory, e quest'ultima è a sua volta orientata dalla motivazione.

Naceur e Schiefele [2005] riportano diversi studi che suggeriscono che l'influenza positiva dell'interesse sull'apprendimento persista anche quando vengono presi in considerazione altri fattori rilevanti nel predire l'esito dell'apprendere, quali abilità cognitive e conoscenze pregresse. Quindi l'interesse rappresenta un fattore a sé stante. Dal punto di vista educativo l'argomento è fonte di due diversi atteggiamenti: da un lato chi, come Turner e Patrick [2008], suggerisce di spostare le ricerche su come la motivazione si sviluppi in modo da poterla indurre; dall'altro le classiche posizioni di Claparède, che sosteneva l'importanza di costruire la scuola su misura del singolo allievo, concedendogli ampia possibilità di scelta, in modo da sfruttare gli interessi e le peculiarità dei singoli, evitando di manipolarli. Feuerstein ha scritto un libro dal titolo *Don't Accept Me As I Am*, indicando senza alcun dubbio in quale atteggiamento si riconosce.

Ad ogni modo, dato che l'aspetto emozionale fornisce un sistema di valori essenziale per scegliere quali comportamenti adottare, incide attraverso la motivazione sulla Working Memory e orienta la formazione di mappe, esso rappresenta una componente assai rilevante dell'attività mentale. Tuttavia a differenza delle mappe neurali e della capacità della Working Memory, che sono modificabili ma presentano anche una buona stabilità, l'aspetto emozionale dipende in misura più ampia dalle circostanze, così da configurarsi anche come

potenziale fattore di disturbo oltre che di miglioramento cognitivo. Infatti le difficoltà a concentrarsi che si sperimentano in concomitanza di emozioni forti sono dovute al fatto che le emozioni agiscono direttamente sui processi cerebrali, spostando i potenziali sinaptici verso i percorsi coinvolti nella produzione delle emozioni stesse, sottraendo in tal modo risorse nervose ad altri processi cognitivi: gli stati emotivi hanno la funzione biologica di indirizzare i potenziali d'azione, quindi gli esseri umani sono sempre condizionati dalla sfera emotiva nell'utilizzare le proprie capacità cognitive. Per questa ragione preferisco parlare di effetto modulante degli stati emotivi, piuttosto che di effetto modificante. Rimane comunque la capitale importanza dell'emotività nel migliorare le capacità di apprendimento e le performance cognitive.

3.2.4 modificare i Beliefs

I beliefs comprendono tutte le credenze, opinioni, certezze e informazioni che le persone utilizzano per orientare il proprio comportamento. Da un punto di vista neurale essi sono il risultato della plasticità cerebrale: sono un insieme di memorie che emergono da come l'organismo ha precedentemente reagito alle sollecitazioni provenienti dall'ambiente. I beliefs sono dunque dipendenti dalla storia delle modificazioni cerebrali. Si tenga presente che l'apprendimento non avrebbe alcuna funzione biologica se i cambiamenti cerebrali non modificassero il comportamento. Pertanto i beliefs, espressione di quei cambiamenti, incidono sul comportamento, e senza di essi gli esseri umani non sarebbero in grado di adattarsi all'ambiente. Inoltre tutte le modificazioni cerebrali avvengono come variazioni selezionate di uno stato preesistente, quindi le memorie condizionano l'agire e le successive modificazioni derivanti dall'agire stesso.

Mentre le mappe neurali sono costituite da percorsi sinaptici rafforzati, i beliefs sono anche un'espressione verbale di quelle mappe, ovvero delle skills e delle disposizioni personali, e in generale delle memorie. I beliefs sono costituiti da memorie, e quindi da percorsi sinaptici, che hanno come proprio oggetto altre

memorie. Tra i circuiti cerebrali che rappresentano quello che una persona è diventata figurano anche dei circuiti che sono i correlati neurali di quello che la persona ritiene di essere diventata. In altre parole, aver sviluppato delle mappe neurali che corrispondono all'acquisizione di certe abilità non implica, per esempio, aver sviluppato delle mappe neurali che corrispondano al belief di aver acquisito quelle capacità. Il passaggio dall'uno all'altro tipo di cambiamento cerebrale non è automatico, e gli effetti si notano a livello mentale: vi sono molti modi in cui una persona può percepire e conoscere se stessa. Parallelamente i beliefs, quando espressi sotto forma di enunciato, sono attivazioni delle aree linguistiche, che si basano sulle memorie, ossia sull'attivazione di mappe neurali, provenienti da differenti aree cerebrali. Sia che i beliefs siano relativi al soggetto che ne è l'autore, sia che siano espressioni linguistiche riguardanti memorie di aspetti dell'ambiente esterno al soggetto, essi sono sempre attività mentali che si basano su altre, preesistenti, attività cerebrali[59].

Le neuroscienze cognitive si sono occupate principalmente di come il cervello reagisce all'ambiente, focalizzandosi pertanto sul rapporto diretto tra attività cerebrale e realtà esterna. Indagare a livello biologico sul comportamento delle persone è diverso dall'indagare su cosa quelle persone pensano e credono. Sto qui ribadendo l'essenzialità di adottare un approccio fenomenologico nello studio sui beliefs.

Quanto detto sin ora presenta una serie di conseguenze per apprendimento e cognizione.

Cornoldi [2007] sottolinea come la concezione incrementale dell'intelligenza, ossia la credenza che l'intelligenza non sia un tratto fisso ma possa venire migliorata, ne crei le condizioni di utilizzo e quindi di incremento. L'idea incrementale riprende la teoria della self-efficacy di Bandura [1997], che si riferisce ai beliefs relativi alla capacità di apprendere efficacemente o di compiere delle buone prestazioni cognitive. Bandura sostiene che la percezione di self-efficacy sia largamente modellata dal contatto con altre persone. La teoria della self-efficacy è in totale accordo con la concezione di Esperienza di Apprendimento Mediato proposta da Feuerstein.

59 Detto in altri termini, questo tipo di attività neurale costituisce il correlato di quelli che in filosofia analitica sono definiti *atteggiamenti proposizionali*.

L'importanza della socializzazione nel formare i beliefs è confermato dalle neuroscienze sociali: Cozolino [2007] afferma che la capacità di collegare stati emotivi ed espressioni linguistiche non sia automatica ma faccia affidamento su relazioni interpersonali per costruire connessioni tra reti neurali separate. Per quanto siano le emozioni a fungere da sistema di valori orientante del comportamento, e da esse derivi la motivazione, è con la mediazione dell'ambiente sociale che gli esseri umani diventano capaci di descrivere a se stessi quegli stati emotivi, e dunque di relazionarli coscientemente alle loro memorie. Mettendo in relazione memorie episodiche, stati emotivi e capacità linguistiche le persone sono in grado di modificare le emozioni, e di conseguenza il proprio agire, in base a scambi linguistici e sociali. Il sistema di beliefs che ciascun essere umano sviluppa in relazione tanto all'ambiente, quanto alla socializzazione, quanto alla riflessione interiore, ha la possibilità di rendere le persone dotate di un comportamento flessibile, ovvero l'esatto contrario: può orientare un individuo a reagire in maniera scarsamente adattiva. Si tratta di un elemento chiave per raggiungere un buon adattamento.

Per quanto concerne le capacità cognitive i beliefs agiscono da modulatori. Dweck, Mangels e Good [in Dai e Sternberg 2004] notano che quando gli studenti ritengono l'intelligenza un tratto fisso diventa per loro importante dimostrare la propria abilità attraverso delle buone performance. Al contrario quando credono di poter migliorare le loro capacità intellettive lavorando su di esse, gli studenti iniziano ad essere meno interessati a come le prestazioni vengano valutate nel presente, dedicandosi maggiormente a coltivare l'intelligenza sul lungo termine. Gli stessi autori riportano di aver misurato l'impatto dei beliefs sulle Matrici Progressive di Raven in allievi dell'ultimo anno di scuola elementare: dopo aver risolto una serie di matrici moderatamente difficili, alcuni studenti furono indirizzati verso l'idea che l'abilità nel risolvere le matrici fosse immodificabile, mentre altri verso l'idea che si potesse apprendere. Gli studenti di questo secondo gruppo registrarono punteggi migliori nelle successive serie di matrici rispetto a quelli del primo gruppo. Inoltre le prestazioni degli allievi convinti della non modificabilità intellettiva mostrarono, dopo essere stati messi di fronte a matrici difficili, un peggioramento rispetto a quelle ottenute durante la prima serie.

Questo tipo di studi sono stati replicati su diverse fasce di popolazione, quali studenti di scuole superiori e universitari, mostrando come i gruppi esposti ad una visione incrementale dell'intelligenza registrano generalmente un miglioramento nella performance accademica [Dweck e al. in Dai e Sternberg 2004]. Gli effetti sono più accentuati nelle persone appartenenti a minoranze etniche oggetto di stereotipi negativi riguardo le capacità cognitive.

Phan [2008] ha condotto uno studio longitudinale per un periodo di 12 mesi confrontando i beliefs epistemologici, valutati tramite lo Schommer Epistemological Questionnaire, lo stile di studio, valutato con il Revised Study Process Questionnaire, e il rendimento accademico di 616 studenti universitari al primo anno di Arte e 581 studenti al secondo anno di Matematica. I beliefs epistemologici furono analizzati secondo quattro dimensioni, ciascuna organizzata in una scala che va da semplicistico a sofisticato: la struttura del sapere, da informazioni isolate a integrazione delle stesse; la stabilità del sapere, da stabile a evolvente; la rapidità di apprendimento, da immediata a graduale; la capacità di apprendere, da fissa a migliorabile. Lo stile di apprendimento fu categorizzato secondo due criteri: il tipo di motivazione, profonda, ossia rivolta all'interiorizzazione del sapere, o superficiale, ossia orientata alla successiva performance; e il tipo di strategia, profonda, ossia riflessiva, o superficiale, ossia volta alla sola memorizzazione di dati. Phan ha trovato una correlazione positiva tra performance accademica, motivazione profonda, strategia profonda, belief che il sapere sia in evoluzione e belief che la capacità di apprendere sia migliorabile. L'intento principale della ricerca di Phan è di stabile la direzione causa-effetto nella relazione tra stile di apprendimento e beliefs epistemologici. Dalle misurazioni è emerso che lo stile di apprendimento valutato all'inizio dello studio non ha esercitato un impatto statisticamente significativo sui beliefs epistemologici valutati 12 mesi dopo. Al contrario sono risultati i beliefs epistemologici ad influenzare lo stile di apprendimento[60].

Kizilgunes e colleghi [2009] hanno ottenuto analoghi risultati confrontando il

---

60 Questo potrebbe semplicemente significare che lo stile di apprendimento degli studenti che iniziano l'università cambia in misura maggiore rispetto ai loro beliefs epistemologici. I risultati di Phan andrebbero corroborati da un disegno di ricerca sperimentale prima di poter essere definiti solidi.

rendimento scolastico in scienze di 1041 studenti, con un'età media di 11,5 anni, e i beliefs epistemologici, esaminati attraverso l'*Epistemological Beliefs Questionnaire* di Conley. In questo studio le dimensioni epistemologiche controllate sono: fonte, definisce quanto autoritative siano percepite le fonti del sapere scientifico; certezza, definisce la credenza che in scienze vi sia una sola risposta esatta per ogni quesito; sviluppo, definisce se il sapere scientifico sia concepito come fisso o soggetto a cambiamenti; giustificazione, misura quanto gli studenti ritengono importante giustificare sperimentalmente il sapere. La ricerca mostra che gli allievi dotati di beliefs epistemologici sofisticati, ovvero che registrano punteggi elevati nelle quattro dimensioni del questionario, tendano a raggiungere un miglior rendimento, questo vale in misura maggiore per il belief relativo allo sviluppo del sapere scientifico.

Chamorro-Premuzic e Plomin [2010] si sono invece impegnati in uno studio longitudinale mirato a scoprire se l'auto-percezione delle abilità intellettive possa predire il rendimento scolastico. Gli autori hanno valutato le capacità cognitive, il rendimento scolastico e l'auto-percezione dell'intelligenza di 5957 bambini all'età di 9 e 12 anni. Ne è risultato che gli effetti del rendimento scolastico sull'auto-percezione delle abilità sono paragonabili agli effetti esercitati dall'auto-percezione sul rendimento, si tratta di due fattori che si reciprocano, e che l'auto-percezione si ripercuote sul rendimento indipendentemente dalle capacità cognitive.

Trovare una spiegazione di tali fenomeni a livello cerebrale è plausibile, tuttavia la letteratura neuroscientifica in proposito risulta carente. Questo è dovuto a due fattori: in primo luogo la scarsa attenzione prestata ai resoconti dell'esperienza, agli aspetti fenomenologici dell'attività mentale, in secondo luogo al fatto che le tecniche di neuroimmagine non sono ancora sufficientemente precise per localizzare i correlati neurali delle credenze, pertanto è opportuno procedere secondo un approccio a network focus, più complesso e latore di dati maggiormente interpretabili.

Ad ogni modo, sono stati condotti alcuni studi interessanti sull'effetto del cambiamento di beliefs nell'ambito di ricerche riguardanti gli effetti della terapia cognitivo-comportamentale sul cervello. Paquette, Beauregard e colleghi [2003] sintetizzano alcuni esperimenti volti a investigare come i cambiamenti a livello

mentale si traducano a livello neurobiologico. Paquette e Beauregard riferiscono di studi condotti con tecniche di neuroimmagine, PET e fMRI, su pazienti affetti da fobie semplici, prima e dopo un trattamento psicoterapeutico basato sull'esposizione graduale agli stimoli ansiogeni e su di un'istruzione finalizzata a correggere i beliefs riguardanti gli stimoli ansiogeni. I pazienti sono stati sottoposti a PET o fMRI mentre veniva mostrato loro un filmato riguardante lo stimolo che scatenava la fobia. Prima dell'intervento psicoterapeutico i pazienti mostravano una forte attivazione della corteccia prefrontale dorsolaterale, associata ai tentativi di controllare coscientemente la paura, indicando ancora una volta le aree prefrontali come cortecce associative dotate di un ruolo cruciale nell'auto-regolazione dell'emozione e dell'attenzione. Era inoltre presente un'attivazione a livello dell'ippocampo, struttura critica per la rievocazione dei ricordi. Dopo la psicoterapia i pattern di attivazione cerebrale erano del tutto simili a quelli dei soggetti di controllo: nessun cambiamento di attivazione prefrontale o ippocampale.

L'assenza, dopo l'intervento terapeutico, di attivazione nella corteccia prefrontale dorsolaterale e del giro paraippocampale supporta l'ipotesi che la terapia cognitivo-comportamentale riduca le reazioni fobiche de-condizionando l'apprendimento a livello ippocampale/paraippocampale, e di conseguenza diminuisca il pensiero cosciente e catastrofico a livello della corteccia prefrontale. Il de-condizionamento avviene prevenendo la rievocazione delle memorie associate alla paura. Tale ristrutturazione mnemonica evita di innescare l'attivazione delle aree prefrontali correlata con gli aspetti cognitivi della reazione fobica.

Per quanto questi studi non abbiano come oggetto i beliefs in ambito educativo, le scoperte effettuate suggeriscono che i cambiamenti ottenuti, a livello mentale e cosciente, attraverso la modificazione delle memorie, e pertanto correlati a modificazioni funzionali a livello sinaptico, modificano a loro volta l'attività cognitiva dipendente dalla Working Memory che organizza le risposte comportamentali in base alle memorie stesse.

Questo indica che l'attività mentale presente, compresa l'attività cosciente, è dipendente dalle memorie costituite dalle precedenti modificazioni. In tali memorie

risiedono sia le informazioni sulle quali ci basiamo ogni giorno per interpretare la realtà che ci circonda in modo da rapportarci ad essa in maniera adattiva, sia i pregiudizi che ci rendono incapaci di relazionarci in maniera positiva con il mondo. Pertanto la possibilità di agire sui beliefs è la chiave per indirizzare le persone verso un agire diverso. Le implicazioni morali e formative credo siano di per se evidenti. Ad ogni modo riprenderò il discorso nell'ultimo paragrafo del presente capitolo.

3.3 come può essere riletta la Mediazione dal punto di vista delle neuroscienze

Ogni organismo si adatta all'ambiente in cui vive. Ciascun genotipo reagisce agli stimoli esterni producendo un fenotipo che può essere più o meno adattivo. Nella nostra specie l'adattamento avviene principalmente grazie all'apprendimento, ossia alla modificazione dell'espressione genica a livello neurale. Gli esseri umani non sono organismi dotati di comportamenti semplici e stereotipati, al contrario sono caratterizzati da grande flessibilità comportamentale. Inoltre l'ambiente al quale le persone si adattano è altamente socializzato, questo significa che il fine e il mezzo principali dell'adattamento sono i rapporti umani. Mentre organismi semplici e non sociali sono autonomi nel raggiungere l'adattamento, gli esseri umani dipendono dai propri simili. La mediazione è resa possibile da tale situazione di debito verso i rapporti sociali. Grazie al contatto con membri della stessa specie si apre la dimensione culturale. Ogni persona entra in contatto con, e di conseguenza si modifica per via di, altri esseri umani. Quindi i comportamenti dei nostri simili vanno a costituire una parte estremamente rilevante dell'ambiente a cui ciascuno di noi si adatta.

Feuerstein ha colto perfettamente l'importanza che i rapporti sociali rivestono nell'apprendimento, dunque si è domandato cosa si possa intenzionalmente fare per contribuire all'adattamento attraverso il contatto umano. L'Esperienza di Apprendimento Mediato costituisce la sua risposta a tale domanda.

Vi è comunque differenza tra socializzazione e mediazione: la seconda è un tipo di socializzazione pianificata, sistematica e diretta al conseguimento di specifici obiettivi[61] [Falik, 2001].

Le strutture cognitive si sviluppano grazie alla plasticità cerebrale, e possono venire modificate virtualmente da qualunque tipo di esperienza, tuttavia il cervello umano ha delle aree che rispondono in maniera particolare alle relazioni sociali. Queste strutture cerebrali formano le basi biologiche dell'imitazione, dell'empatia e della capacità di cogliere gli atti intenzionali altrui. Dato che le loro funzioni incidono profondamente sull'apprendimento, l'interazione mediativa ne sfrutta l'attività per dirigere intenzionalmente l'adattamento, con conseguenze sulle capacità cognitive.

3.3.1 il cervello sociale, empatia e imitazione

Le neuroscienze sociali sono un ramo ben articolato dello studio del cervello. In questa sede mi interessa descrivere le caratteristiche salienti dell'interazione sociale dal punto di vista del sistema nervoso, dando risalto alle implicazioni cognitive, in particolare per quanto riguarda l'imitazione[62]. La struttura critica, la cui attività funge da correlato neurale dei comportamenti sociali, è il sistema dei neuroni specchio. Essi sono una particolare classe di neuroni, riscontrata originariamente nella corteccia premotoria ventrale e nel lobulo parietale inferiore dei macachi, che hanno la proprietà di attivarsi sia quando un soggetto compie un'azione motoria volontaria, sia quando osserva un altro soggetto compiere la stessa azione.

Vi sono evidenze neurofisiologiche che un simile sistema di neuroni specchio sia presente nel cervello umano [Rizzolatti, Craighero 2004; Mukamel 2010]. I primi esperimenti in grado di dimostrare l'attivazione, anche in assenza di atti motori,

61 Ne ho parlato in maniera più approfondita nel capitolo 1, paragrafo 3.

62 Adotto la definizione di imitazione data da Thorndike: l'imitare è apprendere a compiere un atto per via di averlo visto. La definizione include due idee di base: che l'imitazione implica l'apprendimento, e che durante l'imitazione l'osservatore trasforma un'azione osservata nell'esecuzione di un'azione analoga.

della corteccia motoria di un individuo in seguito all'osservazione di un'azione compiuta da un'altra persona, risalgono al lavoro di Gastaut e colleghi svolto durante gli anni cinquanta del secolo scorso [Gastaut, Bert 1954]. Da allora un ampio numero di studi ha mostrato che l'osservazione di azioni compiute da altri attiva negli esseri umani un complesso network formato dalle aree visive occipitali, temporali e parietali, e dalle regioni, la cui funzione predominante è motoria, costituite dalla parte rostrale del lobulo parietale inferiore, la parte bassa del giro precentrale e la parte posteriore del giro frontale inferiore. Queste aree formano il sistema dei neuroni specchio negli esseri umani.

Il rispecchiamento presente nel cervello umano, ed organizzato in modo grossolanamente somatotopico, funge da correlato neurale dell'empatia, dell'imitazione e del mimetismo. Secondo i recenti studi di neuroscienze sociali, le azioni umane avvengono seguendo un framework ideomotorio [Iacoboni, 2009] che assume un'unica attività neurale per azione e percezione. Pertanto la plasticità neurale dipendente dall'esperienza inizia a modificare il cervello a partire dalla percezione delle azioni altrui.

La scoperta dei neuroni specchio ha corroborato le teorie della psicologia sociale sull'automaticità e la pervasività di imitazione ed empatia. Infatti non è solo la visione degli schemi motori altrui ad innescare l'attività dei neuroni specchio, anche l'osservazione di reazioni emotive genera una risposta speculare: vedere le emozioni altrui può determinare nell'osservatore l'attivazione della stessa regione corticale che è normalmente attiva quando l'osservatore prova quell'emozione [Rizzolatti, Vozza 2008]. Le due esperienze emotive, diretta e osservata, causano nelle persone un'attivazione delle medesime aree della corteccia. Inoltre i neuroni specchio non si attivano in base al semplice movimento osservato, piuttosto in base allo scopo del movimento, così che osservare, per esempio, due dita muoversi per afferrare un acino d'uva attiva un neurone diverso rispetto allo stesso movimento delle dita volto a grattarsi[63].

63 Questi risultati estremamente precisi sono stati ottenuti con i macachi, non è eticamente possibile replicare gli stessi esperimenti su soggetti umani. Quindi non esistono studi altrettanto precisi sulle attivazioni di specifici neuroni specchio in base allo scopo negli esseri umani. Tuttavia sia le osservazioni del comportamento, sia le tecniche di neuroimmagine indicano che la stessa attivazione dipendente dagli scopi dei movimenti avvenga anche nel cervello umano.

Le proprietà di questi neuroni di rispecchiare non solo i movimenti, ma anche le emozioni e gli scopi, dissolve il problema delle altre menti: gli esseri umani sono animali sociali perché la nostra attività neurale è concertata con, e dipende in parte da, l'attività neurale delle persone che ci stanno attorno. Questa caratteristica porta alla consonanza intenzionale: grazie ai meccanismi di rispecchiamento e simulazione, l'altro è vissuto come un "altro sé" [Gallese, 2007]. Anche il mimetismo, la tendenza ad assomigliare alle persone che ci circondano, è un fenomeno implicato nell'attività del sistema dei neuroni specchio.

Per capire la rilevanza a livello cognitivo del rispecchiamento dell'attività cerebrale, e quindi anche mentale, è interessante un esperimento che ha esplorato il ruolo del mimetismo cognitivo nell'espressione delle conoscenze di cultura generale [Ferguson e Bargh, 2004]: è stato chiesto a soggetti volontari adulti sani di rispondere alle domande di cultura generale del gioco di società "Trivial Pursuit". Alcuni soggetti prima di essere sottoposti alle domande avevano letto per trenta minuti articoli sugli Hooligans, mentre altri si erano impegnati, sempre per trenta minuti, nella lettura di narrative su scienziati o scrittori. Il primo gruppo sperimentale ha mostrato performance significativamente inferiori rispetto al secondo. "Se – grazie alla simulazione – entriamo anche solo per mezz'ora nel framing cognitivo di un Hooligan, il nostro preesistente bagaglio culturale produce una performance più scadente rispetto a quando entriamo per un periodo equivalente nel framing cognitivo di un intellettuale." [Gallese, 2007 p7].

L'attività dei neuroni specchio giustifica, lo dico con un pizzico di umorismo, il detto "chi va con lo zoppo impara a zoppicare". Seriamente, queste strutture cerebrali condizionano costantemente le attività mentali umane in base all'ambiente sociale in cui una persona è immersa. La comprensione delle azioni altrui implica la simulazione interna, che a sua volta implica un apprendimento imitativo: vedere delle persone comportarsi in un certo modo ci fa apprendere a comportarci in quello stesso modo. Questo perché comprendiamo le azioni altrui quando ne traduciamo la rappresentazione visiva in una mappatura a livello motorio [Rizzolatti, Fogassi, Gallese 2001]. Pertanto le cortecce cerebrali senso-motorie rivestono un ruolo importante a livello cognitivo; la conoscenza umana non prescinde da esse in quanto è *embodied* [Gallese, Lakoff 2005], la conoscenza

infatti emerge dalla concertazione dell'attività di tutte le aree cerebrali, comprese quelle eminentemente corporee[64].

La concezione ideomotoria dell'azione, che si può far risalire ai *Principles of Psychology* di James, è coerente con queste scoperte relative ai neuroni specchio. La concezione ideomotoria assume che azione e percezione siano un fenomeno unitario. Secondo questa idea l'inizio dell'azione non è la risposta ad uno stimolo, piuttosto è l'intenzione dell'agente. L'intenzione è costituita dall'attività corticale che corrisponde ad un piano motorio unito agli effetti, corporei ed emotivi, dello svolgimento di quel dato piano motorio. L'esperienza permette di collegare, tramite rafforzamento sinaptico, le sequenze motorie in concomitanza con l'attività percettiva e gli effetti delle stesse a livello emotivo. Pertanto il reagire umano all'ambiente è un fenomeno intenzionale ed emergente. Se si considera l'attività di rispecchiamento permessa dal sistema dei neuroni specchio, diventa evidente quanto il contatto sociale modifichi non solo il comportamento ma anche le stesse intenzioni, e come l'imitazione sia un fenomeno costante e pervasivo. Inoltre la plasticità cerebrale, base biologica dell'apprendimento, è dipendente dall'agire, ossia dal reagire all'ambiente e dai comportamenti che di volta in volta vengono assunti, quindi la simulazione interna e l'imitazione incidono significativamente su di essa e, di conseguenza, sull'apprendimento.

Iacoboni [2009] riporta inoltre uno studio in fRMI che ha riscontrato come l'area frontale inferiore, dotata di proprietà specchio, si sovrappone con la parte posteriore dell'area di Broca, un'importante area linguistica. Parallelamente Rizzolatti e Vozza [2008] descrivono i neuroni specchio-eco, dotati della capacità di innescare il rispecchiamento tramite il canale uditivo anziché visivo, tanto che udire delle parole attiva le aree motorie che controllano i muscoli delle labbra e della lingua. Queste scoperte indicano che il sistema dei neuroni specchio sia implicato anche nell'apprendimento linguistico. Così che, da un lato il significato delle parole implica a livello cerebrale delle raffigurazioni motorie, dall'altro il contatto visivo con il volto di chi ci parla risulta facilitare la comprensione. Soprattutto nelle prime fasi dello sviluppo l'apporto dei neuroni specchio risulta importante nell'apprendere il linguaggio. Vi sono studi in EEG [Lepage, Théoret

64 Questo non toglie che la memoria dichiarativa sia svincolata dalle aree motorie.

2007] che dimostrano come l'attività del sistema dei neuroni specchio sia presente fin dall'età di 36 mesi, e delle indicazioni indirette che ne farebbero risalire l'inizio dell'attività al periodo neonatale.

Tutte queste scoperte hanno portato Ramachandran [2000] a predire che i neuroni specchio faranno per la psicologia quello che il DNA ha fatto per la biologia: provvedere un framework unificante capace di spiegare una serie di capacità mentali precedentemente inaccessibili alla scienza sperimentale.

Accanto alle grandi speranze che alcuni ricercatori ripongono nelle proprietà mirror dei neuroni, vi sono studi [Catmur 2010] che dimostrano come tali proprietà di rispecchiamento non siano fissate fin dalla nascita, piuttosto esse vengono apprese. Ciò è dimostrato dal fatto che l'attività mirror cambia in seguito ad addestramento, e che i neuroni specchio mostrano segni di apprendimento associativo. Questo porta a domandarsi se l'attività di rispecchiamento non sia un'espressione della comprensione delle azioni, piuttosto che una condizione di possibilità della stessa. Jacob [2008] sostiene la possibilità che si debba rappresentare e comprendere l'intenzione di un agente perché i neuroni specchio diventino attivi. In tal caso, non sarebbe l'attività dei mirror neurons a generare la comprensione dell'intenzione di un agente. La catena causale andrebbe nella direzione opposta: prima si comprende l'intenzione dell'agente, poi i neuroni specchio riproducono mentalmente l'atto osservato.

L'interpretazione di Jacob è dettata dall'osservazione che per comprendere l'intenzione di una persona, più dei neuroni specchio, è fondamentale la capacità linguistica, l'unica in grado di consentire sottili distinzioni tra azioni esteriormente identiche: per esempio, prendere un oggetto senza toccarlo perché è sporco, o al contrario perché non lo si vuole sporcare, è una distinzione che per essere colta necessita non solo dell'attività di rispecchiamento dei movimenti della mano, ma soprattutto di concetti, puramente semantici, che certo non sono catturati da alcuna area cerebrale motoria.

In sintesi, gli studi vanno nella direzione di indicare i mirror neurons quali neuroni dotati di capacità di apprendimento associativa, con inoltre la proprietà di riprodurre-simulare le azioni che stanno apprendendo, così da facilitarne una corretta riproduzione.

3.3.2 Mediazione e ambiente di apprendimento

Prima di passare a definire quali siano le implicazioni delle neuroscienze cognitive, in particolare per quanto riguarda i meccanismi della plasticità e della Working Memory, per il pensiero di Feuerstein, vi è un aspetto dell'Esperienza di Apprendimento Mediato che non viene catturato dai neuroni specchio: il mediatore come filtro rispetto agli stimoli ambientali.

Se l'apprendere è reso possibile dalla capacità di modificarsi per adattarsi ad un ambiente, la mediazione è consentita dalla capacità di co-imitare le modificazioni adattive. L'intenzionalità e la reciprocità che Feuerstein pone a fondamento della mediazione sono insite nel rapporto umano. La carenza mediativa è pertanto carenza di cura, una forma di rifiuto di inclusione nei rapporti interpersonali. Quindi è una deficienza che grava sui gruppi umani, e mai sugli individui che ne sono colpiti. Qui sta un aspetto importante e profondamente legato all'affetto che Reuen Feuerstein nutre verso l'umanità.

É possibile leggere in senso biologico, darwinista, l'argomento dell'inclusione nella società come sinonimo di buon successo in termini di sopravvivenza. Gli esseri umani riescono e falliscono come gruppi: una società che è capace di farsi carico di quelle persone incapaci di sopravvivenza autonoma per cause genetiche o ambientali, è una società che dimostra un elevato livello complessivo di adattamento. Dunque la cultura, intesa come adattamenti resi possibili dall'interazione con i nostri simili, comporta l'inclusione e la cura fino alla collocazione funzionale di virtualmente ogni persona all'interno della società. La conoscenza, incarnata nelle memorie, ossia nelle modificazioni di forza sinaptica, è costruita in maniera collaborativa dai gruppi umani. Il darwinismo è visto spesso in termini di competizione e di egoismo, ma questa visione è riduttiva, al suo posto alcuni autori [Axelrod, Hamilton 1981] hanno messo in luce l'importanza e la spontaneità della cooperazione. Al contrario, quando gli esseri umani competono mostrano i limiti della loro capacità di adattamento.

Poste queste premesse, è opportuno sottolineare come, oltre a sfruttare il rispecchiamento, l'Esperienza di Apprendimento Mediato sia volta a selezionare, pianificare e offrire stimoli, manipolando l'ambiente a cui il mediato cerca di adattarsi. In altre parole, dal momento che gli esseri umani si adattano, e quindi apprendono, non esclusivamente da soli ma molto spesso in maniera sociale, si cerca di porre il mediato in una relazione con la realtà esterna tale da poter esplorarla autonomamente e, soprattutto, tale da poter adottare i comportamenti e l'agire mentale che vengono co-imitati. Il rispecchiamento dell'attività mentale tra mediatore e mediato fa sì che entrambi si modifichino in seguito all'interazione. Quindi ogni essere umano si modifica direttamente per via dell'interazione con l'ambiente, procedendo per variazione e selezione così che le strutture cerebrali adattino le loro funzioni. Parallelamente le attività cerebrali si rispecchiano favorendo adattamenti simili.

La mediazione è espressione di inclusione e di cooperazione. D'altro canto se c'è mediazione non significa che vi sia adattamento, in quanto questo non può prescindere dall'ambiente. Visto che la mediazione è una relazione tra persone finalizzata ad apprendere, di fatto essa è sempre volta a consentire un buon adattamento. Questo comporta, oltre alle eventuali difficoltà individuali del mediato e del mediatore, il problema dell'adeguatezza all'ambiente. La carenza di mediazione causa povertà culturale, tuttavia non sempre i contenuti della mediazione, quello che viene co-imitato, risultano adeguati all'ambiente, ossia alla specifica nicchia di apprendimento soggettiva. Per questo motivo Feuerstein afferma che la mediazione non ha contenuti specifici: perché lo scopo è di aumentare la flessibilità comportamentale, non di portare all'adattamento ad un ambiente specifico. In questo risiede la differenza tra mediazione e semplice trasmissione culturale, la seconda è vincolata a contenuti originati da una storia peculiare di adattamento relativo a degli ambienti, che può risultare inadeguato qualora cambino le condizioni ambientali a cui adattarsi. Al contrario la mediazione manipola l'ambiente in funzione del mediato. Quindi, non solo le attività mentali di mediato e mediatore si rispecchiano, il mediatore manipola anche l'ambiente di apprendimento del mediato in modo tale da fornirgli maggiori possibilità di adattamento. Ovviamente questo aspetto porta l'interazione mediativa dall'essere

un semplice rapporto umano ad essere educativa[65]. Infatti il mediatore filtra l'ambiente al fine di promuovere l'autoplasticità, definita da Feuerstein come il modo in cui un organismo cambia se stesso in risposta ai cambiamenti nell'ambiente, in contrapposizione con l'alloplasticità, definita come l'insieme dei cambiamenti volti ad adattare la realtà esterna all'organismo. Feuerstein utilizza la mediazione, intesa come manipolazione dell'ambiente di apprendimento, quale mezzo per trasformare il mediato; in altre parole non cerca l'armonia, non accetta il mediato così com'è, non gli fornisce un ambiente al quale il mediato stesso sia già ben adattato. Pertanto lo scopo, nonché la peculiarità rispetto ad altri mezzi educativi, della manipolazione dell'ambiente di apprendimento attraverso l'interazione mediativa è quella di fornire possibilità di utilizzare in maniera adattiva, e quindi di apprendere, i comportamenti che vengono co-imitati grazie al sistema dei neuroni specchio.

3.4 convergenze e divergenze tra le teorie di Feuerstein e le neuroscienze cognitive

Dopo aver esposto le caratteristiche dell'attività cerebrale implicate nell'Esperienza di Apprendimento Mediato e nella Modificabilità Cognitiva Strutturale, intendo compiere un confronto analitico tra concezioni di Feuerstein e neuroscienze, in modo da tradurre, laddove possibile, le idee di Feuerstein in termini neuro-cognitivi. È importante non forzare l'interpretazione o farsi sedurre da spiegazioni facili e riduzionistiche, infatti le neuroscienze sono state spesso usate come spiegazioni causali di fenomeni mentali anche in assenza di evidenze empiriche. Pertanto metto qui in luce quanto del pensiero di Feuerstein sia corrispondente alle neuroscienze: parte delle idee di Feuerstein è perfettamente coerente con gli studi sul cervello, parte no.

65 Feuerstein è educativo in quanto cerca di promuovere l'autoplasticità, tuttavia non mira alla formazione come armonia rispetto alla nicchia di apprendimento, ossia come sintesi di educazione concretizzata nell'autoplasticità e cambiamento di relazione con l'ambiente. Comunque la modificazione cognitiva comporta delle aperture sia formative sia educative precedentemente non presenti.

Il cervello umano è un organo estremamente plastico, proprio questa sua caratteristica ci rende capaci di grande adattabilità e di comportamenti nuovi. Tuttavia questo non autorizza a sostenere in maniera semplicistica che la Modificabilità Cognitiva Strutturale sia sostenuta da prove neuroscientifiche. Vi sono diverse considerazioni che vanno fatte a proposito delle basi biologiche della modificabilità cognitiva, soprattutto in relazione alle funzioni cognitive così come proposte da Feuerstein e come ri-pensabili alla luce degli studi sul cervello.
Una considerazione preliminare riguarda la mediazione. Essa è definibile come manipolazione dell'ambiente di apprendimento in funzione dell'attività del sistema dei neuroni specchio. In quanto tale, data la natura sociale del cervello umano, l'apprendimento mediato è critico per la modificazione cognitiva. Quindi le neuroscienze sociali sono coerenti con l'idea di Feuerstein della grande importanza del ruolo giocato dalla mediazione. Nonostante questo non è l'attività del sistema dei neuroni specchio a determinare la plasticità neurale: se la plasticità neurale può essere la base biologica della modificabilità cognitiva, la mediazione si configura quale facilitazione di quest'ultima. I neuroni specchio innescano un'attività adattiva, nel contesto ambientale filtrato dal mediatore, che genera un impatto emotivo positivo e promuove i meccanismi genetici propri della plasticità esperienza-dipendente, cambiando le strutture cerebrali.
I parametri fondamentali della mediazione di intenzionalità-reciprocità, trascendenza e mediazione del significato, ossia quelle caratteristiche che la relazione deve presentare per essere definita mediativa, non sarebbero concretizzabili senza la funzione di rispecchiamento e immedesimazione dei neuroni specchio. Tramite l'attività di rispecchiamento è possibile guidare i processi di neuronal recycling [Dehaene, 2009]. In parole semplici le mappe neurali emergono dal rafforzamento sinaptico non di singoli neuroni, ma di interi percorsi neurali, che vengono combinati per via dei meccanismi sinaptici di potenziamento e di depressione. Sono proprio i percorsi sinaptici già esistenti a fungere da moduli base che vengono attivati in maniera coordinata dai neuroni specchio. In seguito all'attivazione entra in gioco la plasticità esperienza dipendente, che rafforza la connessioni sinaptiche. Le categorie di mediazione fungono da condizioni abilitanti: la selezione degli stimoli, la pianificazione degli

stimoli, la loro anticipazione, l'imitazione dell'intenzione, l'offerta di stimoli specifici, la ripetizione e variazione ed il comportamento comparativo; sono tutti dei mezzi di manipolazione dell'ambiente di apprendimento atti a rendere adattive le attività neurali indotte dal rispecchiamento, e quindi a determinarne il potenziamento sinaptico piuttosto che la depressione.

Senza intenzionalità e reciprocità, consentite dal sistema dei neuroni specchio, non sarebbe possibile guidare la trascendenza e l'acquisizione di significati. Questo ovviamente non esclude che ogni individuo sia in grado di trascendere l'hic et nunc e di imparare nuovi significati in modo autonomo, per proprio conto e senza l'ausilio di attività collaborative. Infatti ciascuna persona elabora nuovi significati, in maniera soggettiva e autonoma, attraverso la capacità data dalla plasticità sinaptica di collegare memorie tra loro e con stati emotivi.

La mediazione sfrutta le proprietà dei neuroni specchio in modo da utilizzare i percorsi sinaptici di base, che costituiscono gli elementi fondamentali e ricorrenti di comportamento e attività mentale che ognuno evolve spontaneamente a partire dalle prime esperienze e dall'esplorazione dell'ambiente, per costruire degli adattamenti cerebrali comuni e condivisi.

Dati i fenomeni di mimetismo, immedesimazione e rispecchiamento risulta del tutto normale che entrare in contatto con persone ben adattate porti rapidamente ad un miglioramento in termini di funzionamento mentale, sia pure momentaneo. Quindi, in accordo con l'intuizione di Feuerstein, se persone con basse capacità cognitive vengono escluse da ambienti sociali popolati da persone efficienti dal punto di vista cognitivo ne risultano ulteriormente indebolite.

Da quanto detto sin qui è evidente sia l'utilità in termini evolutivi del sistema dei neuroni specchio, sia il potenziale pericolo in termini di mancanza di autonomia mentale, con relative derive di elevata manipolabilità della persona. Per esempio è il sistema a specchio che consente alle forme di comunicazione propagandistiche di far presa sulle menti di tanti, o ancora di far scegliere la morale del gruppo anche se in conflitto con i valori personali[66]. Il mediatore si fa carico di una forte

66 Forza morale come rifiuto della logica “lo fanno tutti”, ovvero capacità di resistere al rispecchiamento. Le proprietà dei neuroni specchio interferiscono con la capacità di pensiero autonomo, pertanto, pur essendo utilissime come strumento di imitazione, costituiscono una potenziale minaccia all'individualità.

responsabilità nel porsi come guida dei processi mentali di un'altra persona. I neuroni specchio rivestono quindi fondamentale importanza per l'educazione morale, e in generale per orientare il comportamento. Feuerstein considera questo aspetto etico, insito nella mediazione, come funzionale alle capacità di adattamento. Quando ridefinirò il concetto di intelligenza in relazione alle neuroscienze e alla modificabilità cognitiva riprenderò la connotazione morale che Feuerstein attribuisce alla capacità di apprendere.

Oltre al ruolo strumentale dell'Esperienza di Apprendimento Mediato nell'aumentare le capacità di adattamento, Feuerstein indica sei sotto obbiettivi il cui raggiungimento porta al miglioramento di apprendimento e cognizione.

Il primo dei sotto obbiettivi, ossia recuperare le funzioni cognitive carenti, è senz'altro il più rilevante dal punto di vista cognitivo. Riprendo qui le critiche di Büchel: Feuerstein ha diviso la capacità cognitiva umana in una lista di funzioni, organizzandole poi nelle tre fasi di input, elaborazione e output. La divisione in funzioni è guidata da due criteri, per prima cosa le funzioni sono slegate dai contenuti e in secondo luogo sono distinte dalle operazioni cognitive. Le operazioni sono del tutto automatiche, mentre le funzioni sono soggette a riflessione, dunque possono venire modificate prendendone coscienza, sono inoltre socializzate e pertanto modificabili attraverso la mediazione. Come sottolinea Büchel le funzioni cognitive così ottenute sono un misto di skill, conoscenze, abitudini metacognitive e attitudini emotive. Non si tratta in altre parole di capacità ben definite, né ben definibili, piuttosto di un insieme parziale e frammentario di condizioni favorevoli alla cognizione. Per giunta Feuerstein descrive alcune funzioni cognitive in termini positivi, altre in termini negativi, ossia esclusivamente come handicap da superare. La critica più radicale che si possa rivolgere a Feuerstein riguarda proprio le 19 funzioni cognitive in cui divide l'intelligenza, e che mantiene come gli elementi primari sui quali agire per modificare la cognizione.

Confrontando le funzioni cognitive con le concezioni neuroscientifiche non si ottiene un quadro complessivamente coerente: per quanto diverse funzioni possano essere interpretate singolarmente come un'espressione di creazione di nuove mappe neurali, che fungono da correlati neurali di comportamenti nuovi, atti

a creare migliori condizioni di apprendimento e problem solving, nel complesso non ci sono ricerche a livello neurale in grado di aggiungere qualcosa di interessante alla nozione di funzione cognitiva così come teorizzata da Feuerstein. Al contrario il funzionamento della Working Memory indica che la capacità cognitiva è modificabile anche a livello operazionale. Buona parte del funzionamento della Working Memory è infatti di natura puramente operazionale, non ha a che vedere con le condizioni dei processi cognitivi, ma costituisce i processi stessi. Per questo motivo non è nel dominio metacognitivo: infatti ogni riflessione sui processi di Working Memory cambia i contenuti della stessa Working Memory, andando ad aumentarne il carico e dunque incidendo negativamente sulla prestazione cognitiva. Essa dipende dalla rapidità degli impulsi neurali e dalla connettività sinaptica. Tuttavia è addestrabile. Le dieci funzioni cognitive della fase di elaborazione sono tutte strettamente legate alle operazioni cognitive, che hanno la Working Memory come correlato neurale, tanto da risultare un misto di disposizioni, e quindi risultato della formazione di mappe neurali, e di aspetti del funzionamento della Working Memory: le funzioni di ampiezza di campo mentale dipende dalla memoria secondaria, una delle componenti importanti dell'efficienza cognitiva, che consiste nella capacità di integrare ricordi e dipende sia dalla categorizzazione mnemonica sia dalla capacità della Working Memory. Si tratta di una convergenza tra incistazione, data dal potenziamento sinaptico, e capacità globale della Working Memory. La funzione di comportamento di interiorizzazione è costituita dallo sviluppo di rappresentazioni mentali, che vengono utilizzate per i processi di elaborazione, tutte le rappresentazioni mentali sono rese possibili dalla formazione di nuove mappe neurali. Le funzioni di comportamento sommativo, di comportamento comparativo e di proiezione di relazioni virtuali, hanno tutte a che vedere con l'utilizzo della Working Memory e ne allenano la capacità. Le funzioni di cogliere l'esistenza del problema e di distinguere dati rilevanti dipendono rispettivamente dal focus attentivo, e dall'inibizione interna della Working Memory, a sua volta correlata con l'attenzione esecutiva. Nonostante i vari punti di contatto, nessuna funzione cognitiva proposta da Feuerstein è del tutto sovrapponibile a precise proprietà biologiche scoperte dagli studi sul cervello.

La cosa importante da sottolineare è che le neuroscienze indicano come la modificabilità cognitiva sia plausibile non solo cambiando le condizioni dei processi cognitivi, ma agendo sui meccanismi cerebrali alla base dei processi stessi. Adottando il linguaggio di Feuerstein significa migliorare le capacità operazionali a fianco delle condizioni. Qui sta la divaricazione tra neuroscienze e pensiero di Feuerstein. Tuttavia l'assunto principale di Feuerstein, ossia che gli esseri umani siano in grado di migliorare le capacità di cognizione e apprendimento, ne risulta non solo confermato, ma addirittura espanso. Invece non è traducibile in termini neurali l'affermazione che le funzioni cognitive siano completamente slegate dai contenuti: oltre al miglioramento nell'efficacia della Working Memory, la formazione di mappe neurali origina le skill e le disposizioni che agiscono a livello condizionale nei confronti dei processi cognitivi, fungendo da correlati di funzioni cognitive quali orientamento temporale e spaziale, bisogno di prove logiche, comportamento di pianificazione e risposte per tentativi ed errori. Per quanto generali siano, queste mappe neurali vengono sempre sviluppate in relazione a dei contenuti, anche se possono essere riciclate in funzione di compiti cognitivi diversi. Le mappe si formano a partire dallo specifico, e solo in seguito possono esserne affrancate e riutilizzate in modo più generale. Pertanto, piuttosto che un approccio privo di contenuti, è preferibile un approccio che enfatizzi il bridging. Inoltre la riduzione di mappe neurali in funzioni cognitive generali è arbitraria in quanto virtualmente sarebbe possibile suddividere i percorsi sinaptici in un numero altissimo di funzioni più o meno dipendenti dai contenuti; trovandosi così in uno spazio fluido tra funzioni generali e legate a contenuti specifici, senza una precisa linea di discriminazione.

Questo conduce al secondo sotto-obbiettivo, l'acquisizione di concetti fondamentali, etichette, vocaboli, operazioni e relazioni, che non è isolabile, da un punto di vista delle neuroscienze, in maniera netta dalle funzioni cognitive generali. Più precisamente, concetti, vocaboli, etichette, relazioni e operazioni specifiche, si riferiscono a dei contenuti specifici, le funzioni cognitive invece no. Da una prospettiva neurale queste ultime hanno come base biologica le mappe neurali, mentre concetti, vocaboli e simili sono espressione di memoria semantica. Come precedentemente spiegato la memoria semantica è a sua volta parte,

linguistica e dichiarativa, delle mappe neurali: tutte le forme di memoria sono date da alterazione di forza sinaptica, così pure le mappe. Pertanto il primo e il secondo obiettivo sono sinergici, addirittura indistricabili a livello cerebrale.

Anche il terzo dei sotto-obbiettivi, la formazione di abitudini cognitive, è riconducibile principalmente alla formazione di nuove mappe, unitamente alla modificazione dei beliefs, che contribuiscono ad indirizzare le persone in maniera duratura verso un modo di agire diverso. La particolarità della formazione di abitudini cognitive è che esse, nel caso non siano sviluppate come forma di adattamento spontaneo, vengono mediate. L'idea di Feuerstein è di controllare attraverso la mediazione, sia come rispecchiamento sia come manipolazione dell'ambiente di apprendimento, la formazione di mappe cerebrali che generino comportamenti adattivi in relazione ad ambienti che richiedono di apprendere cose nuove. Questo sotto-obbiettivo è pertanto di natura condizionale e non operazionale.

Il quarto sotto-obbiettivo, produrre processi riflessivi e metacognitivi come risultato del confronto con i successi e con i fallimenti nei compiti affrontati, presenta il tema particolare della metacognizione. Feuerstein nota come l'impegno personale, il lavorare sui propri processi cognitivi, contribuisce in modo importante al raggiungimento della modificazione. La concezione alla base di quest'idea di Feuerstein è che gli esseri umani monitorino e regolino i propri processi cognitivi attraverso la riflessione sugli stessi in relazione ai loro scopi e al contesto in cui agiscono. Le neuroscienze indicano due componenti della metacognizione [Maruno e Kato, in Binder, 2009]: la prima componente si configura come un set di beliefs basati su sapere dichiarativo, procedurale e condizionale (se-allora), la seconda comprende l'insieme di processi interni di guida e monitoraggio che costituiscono il sistema esecutivo dell'attenzione interna. I processi della seconda componente sono in grado di regolare comportamento e attività mentale in maniera flessibile e appropriata al contesto grazie ai beliefs che formano la prima componente. In altre parole i beliefs relativi all'apprendimento indirizzano l'attenzione interna, con conseguenze sui processi di Working Memory. L'auto-valutazione dell'apprendimento richiede l'integrazione di memorie esplicite riguardanti precedenti attività cognitive, meccanismi dell'attenzione e sistema

emotivo di ricompensa. Le attività delle aree frontali mediane del cervello sono correlate a quest'integrazione di differenti attività mentali. In sintesi le neuroscienze indicano, dando conferma alle concezioni di Feuerstein, la metacognizione quale attività mentale in grado di esercitare una notevole influenza sui processi cognitivi e di apprendimento[67].

Una corrispondenza tra pensiero di Feuerstein e studi sul cervello si presenta anche per quanto riguarda il quinto sotto-obbiettivo: la creazione di una motivazione intrinseca al compito. Secondo Feuerstein la motivazione gioca un ruolo chiave quale condizione ottimale, e trasversale rispetto alle fasi di input, elaborazione e output, a favore dell'apprendimento e della cognizione. Pur non ritenendola una componente dell'intelligenza, Feuerstein considera la motivazione come modulatrice dei processi di cognizione e apprendimento. Queste idee trovano conferma nelle ricerche sul cervello[68], che mostrano come i processi di Working Memory possano essere mantenuti più stabilmente grazie ad un'elevata motivazione, alterando così la performance cognitiva. In pratica la motivazione modula i limiti fisiologici della connettività sinaptica, che costituiscono la base dell'efficienza cerebrale, in base agli stati emotivi della persona, e pertanto è soggetta a variazioni repentine. Dunque la motivazione, pur non presentandosi quale componente stabile dell'intelligenza, incide profondamente sulla cognizione.

Infine il sesto sotto-obbiettivo, trasformare l'allievo da recettore e riproduttore di informazioni passivo a produttore attivo di nuove informazioni, presuppone la formazione di beliefs in grado di promuovere a loro volta un cambiamento nelle disposizioni: percepire se stessi come una persona in grado di cambiare è un prerequisito della modificazione cognitiva, per questo motivo Feuerstein ha utilizzato la Self Concept Scale e i test di autostima durante le ricerche sull'efficacia del Programma di Arricchimento Strumentale. Le basi neurali della conoscenza di sé sono state ampiamente studiate [Rameson et al. 2009] dimostrando che la corteccia prefrontale mediana, e in particolare l'area dorsomediana, è la parte del cervello maggiormente attivata dai compiti che

67 Tuttavia la ricerca neuroscientifica è stata effettuata su pazienti neurologici che presentavano deficit a livello di attenzione e di funzioni esecutive, c'è una lacuna tra gli studi educativi sulla metacognizione e la ricerca neuroscientifica.

68 Ne ho parlato nel paragrafo 2.3 del presente capitolo.

coinvolgono l'autocoscienza e il giudizio su se stessi. Inoltre quando una persona sta formando un nuovo concetto di se, ad esempio durante l'adolescenza, l'attivazione della corteccia prefrontale mediana è più accentuata, mentre una volta che il giudizio è consolidato si assiste anche ad un aumento di attivazione della corteccia temporale laterale, implicata nella memoria semantica [Sebastian et al. 2008]. Data la centralità delle cortecce prefrontali nei processi cognitivi, risulta giustificata l'idea che l'immagine di se stessi sia attivamente coinvolta nella cognizione, corroborando quanto sostenuto da Feuerstein.

Capitolo 4
Conclusioni

Ho terminato il capitolo precedente con un confronto tra i 6 sotto-obbiettivi, che Feuerstein propone quali tappe intermedie per giungere alla modificazione cognitiva, e le scoperte delle neuroscienze. Tale confronto ha mostrato numerose convergenze.

In questo ultimo capitolo riprendo l'argomento della modificabilità della capacità di apprendere con uno sguardo d'assieme, proponendo delle riflessioni sulle implicazioni educative e possibili sviluppi futuri.

Allo scopo di introdurre queste riflessioni ribadisco che la capacità di modificarsi è intesa da Feuerstein come l'*intelligenza*.

Proprio grazie ai lavori di Feuerstein è possibile formulare una nozione nuova di intelligenza. Che differisca dal vecchio Quoziente Intellettivo (QI), inteso come blocco monolitico avuto in sorte alla nascita e con cui si ha da convivere. Intendo dire che la nozione di intelligenza, consegnata alle scienze dell'educazione dalla psicometria, è una vera e propria roccia, pesante e dura, che è molto più agevole lasciarsi alle spalle quando si tenta di essere degli educatori.

La nozione di QI non è al servizio né di chi educa né di chi è educato. Per questo vi sono delle nozioni alternative, penso alla teoria delle Intelligenze Multiple di Gardner o alla teoria Triarchica dell'intelligenza di Sternberg o agli Stili Cognitivi, che hanno assunto popolarità tra gli educatori professionisti. È mia opinione che questo sia dovuto all'utilizzabilità di tali teorie e concetti in campo educativo. Infatti esse non sono epistemologicamente più solide o meglio definite del QI, ma tornano più utili all'insegnante e all'allievo.

Negli anni trenta del novecento Vygotsky sostenne che l'apprendimento dovrebbe essere diretto tanto verso lo sviluppo cognitivo quanto verso i contenuti. Il Programma di Arricchimento Strumentale ha dimostrato come il suggerimento di Vygotsky sia un obbiettivo praticamente raggiungibile. Infatti l'arricchimento strumentale ha dato prova di non limitarsi a stimolare delle abilità specifiche, bensì di avere un impatto sulla capacità cognitiva generale.

Il confronto tra il lavoro di Feuerstein e le scoperte delle neuroscienze consente di sostenere una nozione di intelligenza che manifesti le caratteristiche di: presentare una componente generale, che opera attraverso vari contesti e domini; essere plastica, ossia disponibile ad essere migliorata, o peggiorata, dall'esperienza; dipendere da proprietà cerebrali identificabili.
Fintanto che un educatore considera l'intelligenza come un tratto fisso che predetermina l'abilità di apprendimento dei suoi studenti, sarà giustificato nel ritenerla come qualcosa che pone un limite al suo lavoro. Tuttavia, quando si accetta che la capacità cognitiva generale può essere modificata dall'educazione, il livello di intelligenza degli studenti non è più da considerarsi quale limite, ma quale importane obbiettivo educativo.

4.1 il pensiero di Feuerstein sotto una nuova luce

Se le neuroscienze ritengono che la capacità del cervello di modificarsi sia la proprietà neurale alla base dell'apprendere e del pensare, questo non implica che una simile plasticità cerebrale si traduca in una modificabilità della mente tale da consentire un miglioramento nelle capacità intellettive e di apprendimento. È quindi opportuno fare il punto: per prima cosa, riprendo brevemente quanto esposto precedentemente, così da offrire uno sguardo d'assieme.
La Modificabilità Cognitiva Strutturale consiste nella disponibilità di una persona a cambiare al fine di adattarsi all'ambiente esterno [Feuerstein 2006], ossia consiste nella facilità di apprendimento. In altre parole Feuerstein sostiene che sia possibile migliorare, in maniera stabile nel tempo, le capacità di adattamento attraverso interventi educativi mirati a: recuperare i deficit cognitivi, acquisire e consolidare concetti e abilità intellettive, far nascere motivazione al cambiamento, impadronirsi di strategie ed abitudini metacognitive e di apprendimento. Secondo Feuerstein, grazie a tali interventi mirati, è plausibile trasformare individui a basso funzionamento cognitivo in persone autonome nell'apprendimento, in grado di creare nuova conoscenza e dotate di flessibilità sufficiente da riuscire ad adattarsi

a nuovi ambienti e nuove situazioni [Feuerstein 2006].

A questa visione ottimistica di Feuerstein, che enfatizza la plasticità umana, si è opposta l'idea che le capacità di apprendimento e intellettive siano tratti ereditari fissi [Jensen 1969]. L'ovvia conseguenza di questa idea è che ogni intervento volto a modificare l'intelligenza di persone a basso funzionamento cognitivo e con deficit di apprendimento sia impraticabile.

Come illustrato nel capitolo precedente, a sostegno della visione di Feuerstein si sono accumulati negli ultimi anni numerosi studi provenienti dall'ambito della biologia.

Per prima cosa, il dibattito sull'intelligenza quale caratteristica innata o dipendente dall'ambiente ha iniziato a virare verso una prospettiva interazionista [Meier e Garcia 2007]. Secondo gli innatisti l'intelligenza è fissata dall'eredità genetica, e dunque non è soggetta a cambiamenti durante la vita; al contrario chi pone l'accento sui fattori ambientali, ritiene che gli stimoli esterni plasmino il livello e il tipo di intelligenza. La prospettiva interazionista non concepisce l'elemento genetico e quello ambientale in opposizione, piuttosto si concentra sui fenomeni di interazione tra i due. Così che l'intelligenza è il prodotto di come il genoma reagisce all'ambiente in cui si trova [Lamm e Jablonka 2008, Lewontin 2000]. Da questo discende che le caratteristiche intellettive di ogni persona sono dipendenti dai geni, ma in relazione agli ambienti: attraverso esperienze diverse [Martinez 2008] i geni si esprimono in maniere diverse.

L'espressione genica è alla base della plasticità neurale [Kandel 1998]. Il sistema nervoso centrale è estremamente plastico [Stiles 2000]: soprattutto nelle prime fasi della vita, ma anche durante l'età adulta, esso esibisce una notevole capacità di cambiare le proprie strutture adattandosi in maniera funzionale in risposta agli stimoli esterni. In base agli stimoli provenienti dal corpo e dal mondo esterno i neuroni ricevono dei segnali chimici ed elettrici [Purves et al. 2004]. Tali segnali innescano una reazione all'interno della cellula; a seguito di queste reazioni il DNA all'interno di ciascun neurone produce degli amminoacidi che modulano le capacità del neurone stesso di produrre segnali chimici ed elettrici. I neuroni si dispongono in reti, la cui attivazione costituisce le attività cerebrali che guidano il comportamento e danno origine alla mente [Edelman 1987].

Le modificazioni delle reti di neuroni sono indotte dall'esperienza, ovvero dall'interazione con un ambiente esterno, attraverso l'espressione genica. Le modificazioni delle reti di neuroni, ripetute nel tempo, cambiano strutturalmente e funzionalmente il cervello, ripercuotendosi sulla mente e sul comportamento.

Questo tipo di modificabilità ha più volte dimostrato di incidere pesantemente su skills e disposizioni e, in misura più limitata, sull'intelligenza in senso generale. Dai primi esperimenti, condotti a partire dagli anni sessanta del novecento su modello animale, sugli effetti di un ambiente arricchito sulle capacità di apprendimento e di memoria [Kesner e Martinez 2007], si è giunti a prove ottenute su esseri umani, sia adulti sia in via di sviluppo e con difficoltà di apprendimento o meno.

Di particolare interesse sono gli studi sull'effetto del Working Memory training sull'intelligenza generale [Jaeggi et al. 2008, Sternberg 2008, Westerberg e Klingberg 2007] misurata tramite test psicometrici classici quali Matrici di Raven. Il Working Memory training è una tecnica nata in ambito neuroriabilitativo, volta ad allenare la Working Memory in pazienti neurologici. La Working Memory è quella matrice mnemonica fondamentale che sorregge tutti i processi cognitivi, ossia i processi che richiedono di relazionare informazioni diverse e che quindi non innescano una risposta comportamentale automatica [Mogle et al. 2008]. Senza Working Memory non saremmo in grado di relazionare i ricordi acquisiti con le informazioni provenienti dagli stimoli presenti. La capacità della Working Memory, ossia la quantità di informazioni che si possono tenere attive in maniera efficacie in ogni dato momento, è altamente correlata all'intelligenza generale [Conway et al. 2003].

Il training, costituito dall'affrontare compiti che richiedono carichi di Working Memory progressivamente maggiori, è stato inizialmente utilizzato sui pazienti neurologici [Klingberg et al. 2005, Perrig et al. 2009], ma in seguito esteso a sperimentazioni con popolazione sana, dimostrando di riuscire ad alzare il Quoziente Intellettivo [Sternberg 2008] della persone adulte sane di un valore mediamente compreso tra 0.5 e 1 deviazione standard.

A fianco a questi studi sulla Working Memory vi sono le ricerche classiche sui meccanismi hebbiani che determinano la formazione di nuove sinapsi [Gazzaniga 2004], ossia di nuovi contatti tra neuroni e che quindi conducono alla

modificazione delle reti neurali. Le modificazioni di tali reti sono i correlati neurali dell'acquisizione di abilità, comprese quelle prettamente culturali come imparare a leggere. L'acquisizione della capacità di lettura dipende dalla formazione di collegamenti sinaptici tra reti diverse di neuroni, alcune implicate nella percezione visiva e altre di tipo linguistico [Dehaene 2009].

Inoltre vi sono le ricerche sugli effetti positivi delle emozioni e della motivazione [Dai e Sternberg 2004, Li et al. 2010] nel mantenimento della Working Memory. Di particolare interesse sono gli studi sul sistema dopaminergico nelle cortecce cerebrali prefrontali nel modulare la motivazione e l'attenzione nei compiti cognitivi [Mehta et al. 2000, McNab e Klingberg 2009]. Si tratta di studi svolti su soggetti con Attention Deficit / Hyperactivity Disorder, che hanno dimostrato come il farmaco utilizzato per curare tali disturbi, il Metilfenidato, agisca da modulatore del sistema dopaminergico nelle aree prefrontali, inducendo artificialmente uno stato cerebrale di motivazione. Il sistema dopaminergico infatti è implicato nel meccanismo interno di *reward*: alimenta la motivazione producendo senso di gratificazione, contribuendo quindi al mantenimento dei processi cerebrali gratificanti. Nel caso delle aree prefrontali i processi cerebrali sono principalmente di natura cognitiva, ossia sono processi di Working Memory. In pratica il cervello di chi assume il Metilfenidato viene indotto farmacologicamente a produrre uno stato di elevata motivazione in relazione a qualsiasi compito cognitivo stia affrontando, come se il soggetto si sentisse gratificato nello svolgere il compito cognitivo.

I processi di mantenimento della Working Memory e il mantenimento selettivo, top-down, dell'attenzione sono strettamente correlati [Kane e Engle 2002, Engle 2002 e 2010], tanto da essere definiti isomorfi, ovvero da condividere i medesimi meccanismi fisiologici. Il mantenimento intenzionale dell'attenzione costituisce l'aspetto cosciente dei processi di Working Memory, la sua funzione è di monitorare e regolare i processi cognitivi in relazione al contesto e agli scopi [Crick e Koch 1998].

Le neuroscienze hanno studiato i processi cognitivi di Working Memory tramite l'Elettro-Encefalo-Gramma, strumento che riesce a captare l'attività cerebrale sotto forma di attività elettrica. Attraverso l'EEG è possibile monitorare le attività cerebrali: l'attività dei neuroni genera un campo elettromagnetico, che si propaga

nello spazio in modo ondulatorio, l'EEG capta le oscillazioni generate dai gruppi di neuroni che si attivano in sincrono, misurandone la frequenza in Hz [Binder, Hirokawa, Windhorst 2009]. Dal momento che le varie attività cerebrali sono caratterizzate da frequenze diverse, è stato possibile osservare come i processi cognitivi, che implicano il mantenimento dell'attenzione esecutiva focalizzata sul relazionare molteplici informazioni diverse, sono associati ad un'attività che produce un elevato numero di onde ad alta frequenza accompagnato da un numero esiguo di onde a bassa frequenza. Queste scoperte sono state possibili in particolare grazie a pratiche terapeutiche basate sul biofeedback [Linden et al. 1996, Min e Park 2010], ovvero l'utilizzo dei dati provenienti in tempo reale da registrazioni EEG per automodulare le attività cerebrali: il soggetto che riceve il feedback della propria attività cerebrale si sforza coscientemente di mantenere l'attività mentale correlata ad una determinata frequenza. Questo metodo è risultato in grado di allenare la capacità di focalizzazione dell'attenzione in maniera ottimale, ed è impiegato come terapia non invasiva per risolvere problemi di attenzione e apprendimento. Diversi studi hanno rilevato, nei pazienti che si sono sottoposti a training attentivo guidato da biofeedback, sia un aumento di Quoziente Intellettivo [Fleischman e Othmer 2005] sia segnali di modificazioni strutturali a livello corticale [Ros et al. 2010].

Tutto considerato, ritengo sia legittimo affermare che l'insieme di questi studi provenienti dall'ambito delle neuroscienze corroborino la teoria della Modificabilità Cognitiva Strutturale. Pertanto concludo che: da un lato la convergenza parziale, anche se nel complesso positiva, tra le ricerche neuro-biologiche e gli obbiettivi proposti da Feuerstein, indica come plausibile il compito che Feuerstein pone all'educazione cognitiva; dall'altro è evidente che né le neuroscienze che ho sin qui esposto né il lavoro di Feuerstein siano stati in grado di fornire una teoria della cognizione, ovvero dell'efficacia cognitiva. In altre parole: se le conoscenze sul cervello e gli studi sugli effetti del Programma di Arricchimento Strumentale concordano nell'indicare la Modificabilità Cognitiva Strutturale come possibile, confermando le idee di Feuerstein, non sono comunque in grado di rendere compiutamente conto di come avvenga il potenziamento cognitivo. Comunque varie ricerche hanno messo in evidenza che le esperienze modificano le capacità

cognitive, sia a livello scolastico, sia sui test di Quoziente Intellettivo[69], sia a livello di attività neurale.
D'altronde Feuerstein non esplicita alcuna teoria cognitiva a fondamento del suo lavoro. Da questo punto di vista egli prende un netto distacco da Piaget: Feuerstein si muove a partire da una visione Talmudica della mente, che non viene affatto discussa. Pur ritenendo quella Talmudica una visione saggia della mente, sono convinto che per l'educazione cognitiva sia essenziale disporre di una teoria della capacità cognitiva.

4.2 ripensare la nozione di intelligenza

Per affidare alle parole di Vygotsky l'incipit di questo paragrafo: "Diventa chiaro come il funzionamento dell'intelligenza dipenda dalla struttura del pensiero. I lavori di Piaget non sono altro che la più esplicita espressione di interesse verso l'aspetto strutturale del pensiero." [1934, p 207]. Pertanto il lavoro di Piaget viene considerato importante non in quanto assunto come corretto, ma perché si interessa della struttura del pensiero, e cerca di rispondere ad una domanda fondamentale per l'educazione cognitiva: come, attraverso quali operazioni, si organizzano i processi cognitivi. Tuttavia l'approccio di Piaget presenta un limite importante, infatti non rende conto del fatto che individui diversi arrivino a padroneggiare i vari stadi di sviluppo in tempi, e con un livello di efficacia, diversi[70]. Visto che, quando ci si occupa di modificabilità cognitiva, si necessita di una teoria della cognizione in grado di rendere conto delle differenze individuali, oppure non si sarà mai in grado di spiegare come la modificazione avvenga, è logico cercare un nuova teoria o modello dell'attività cognitiva. Il filo implicito che ho seguito

69 Nessuna ricerca che comprendesse un campione vasto di popolazione ha mai riscontrato un miglioramento elevato di QI: in media, relativamente agli studi che ho presentato nel capitolo precedente, si è riscontrato un miglioramento di mezza deviazione standard. Che rimane pur sempre significativo.

70 Shayer [2003] ha condotto uno studio su scolari di età dai 10 ai 16 anni, concludendo che, anche tenendo come valido il modello di sviluppo piagetiano, lo stadio di sviluppo mentale raggiunto da studenti della medesima età anagrafica risulta estremamente variabile.

durante tutta la tesi consiste nel fatto che basandosi sulle neuroscienze sia possibile tracciare un modello, sia pure ancora assai semplice e schematico, in grado di fungere da base esplicativa delle pratiche di modificazione cognitiva.

Parlando in generale, dato che nelle società contemporanee i saperi cambiano a velocità senza precedenti, è del tutto legittimo che chi si occupa di educazione e formazione stia cercando un fondamento stabile a livello cognitivo, che consenta alle persone di adattarsi ai nuovi ambienti culturali durante tutta la vita. Infatti è diventato ormai evidente come la semplice trasmissione di sapere non sia più sufficiente quale mezzo atto a rendere le persone capaci di muoversi con efficacia nella società. Un esempio di questo atteggiamento è il già citato *learning to learn*, del EU framework of key competencies. In sintesi l'obbiettivo educativo implicito è quello di migliorare le capacità cognitive in maniera generale. Tuttavia si tende ad evitare di parlare di capacità cognitiva generale, ovvero di intelligenza. Il termine intelligenza è caduto in disuso nel discorso educativo, gli si preferisce “abilità o funzioni cognitive”, senza però offrire una chiara definizione delle stesse. È mia ferma opinione che reintrodurre il discorso sull'intelligenza sia necessario se si vuole essere realisti nel raggiungere gli obbiettivi educativi di flessibilità e creatività e continuo aggiornamento; lo stesso ritengo valga per il relativo assessment di educazione e formazione, dati gli obbiettivi che si tende a perseguire al giorno d'oggi.

In fondo credo sia utile riabilitare la ricerca educativa sull'intelligenza che, una volta assunta la caratteristica di plasticità, diventa il modo più completo sia di rendere conto delle differenze individuali nello sviluppo e nell'apprendimento, sia di offrire indicazioni per elevare gli standard accademici attraverso i diversi campi, contesti e contenuti.

Quanto affermato fin qui porta ad una riformulazione del concetto di intelligenza, in termini coerenti tanto con le concezioni di Feuerstein quanto con le ricerche neuroscientifiche. Nel primo capitolo mi ero ripromesso di esaminare la modificazione cognitiva in maniera globale e coerente, evitando la frammentazione delle funzioni cognitive slegate l'una dall'altra, piuttosto cercando, attraverso le neuroscienze, una capacità di fondo, ovvero un insieme di proprietà cerebrali interagenti tra loro, in grado di rendere conto della modificazione. In altre

parole di formulare una nozione di intelligenza coerente e globale, ma anche in grado di tenere conto del singolo individuo, del particolare, in modo da poter descrivere cosa avviene quando si opera la modificabilità strutturale sia in termini generali, sia virtualmente nei singoli casi.

Di certo un'idea di intelligenza come qualcosa di fisso, monolitico ed ereditario non è di alcun uso agli educatori. Al contrario l'immagine che sta emergendo dalle neuroscienze è di una capacità modificabile, generale ma anche molteplice e gerarchicamente organizzata. Dunque, tralasciando le definizioni di intelligenza di matrice psicometrica e piagetiana, che cosa si può affermare riguardo alla natura dell'intelligenza/capacità cognitiva generale?

Adey e Demetriou [2007] indicano la connettività come caratteristica fondamentale dell'intelligenza: connettività, ossia il relazionare informazioni, elementi e idee diverse; gli atti mentali di comparare, estrapolare, stabilire relazioni di causa-effetto, e più in generale di esplicitare qualsiasi relazione tra due cose, sono tutti espressioni di connettività. Questo ha analogie con il pensiero di Feuerstein e le funzioni cognitive di: orientamento temporale e spaziale, conservazione delle costanti, uso simultaneo di due o più fonti di informazione, capacità di cogliere l'esistenza di un problema, capacità di distinguere i dati rilevanti da quelli non rilevanti, comportamento comparativo spontaneo, ampiezza di campo mentale, bisogno di comportamento sommativo, proiezione di relazioni virtuali, bisogno di prove logiche, comportamento di interiorizzazione, comportamento di pianificazione, percezione attiva e complessa della realtà. In pratica la connettività è implicata in tutte le funzioni cognitive in fase di elaborazione e nelle funzioni cognitive in fase di input che non riflettano atti puramente sensoriali o emotivi.

Gli studi sulla Working Memory, intesa proprio come capacità connettiva delle sinapsi, che ho ampiamente citato, corroborano l'ipotesi che la connettività sia quella radice fondamentale di tutte le operazioni cognitive. Pertanto se essa è inefficiente, ogni processo cognitivo ne risulta compromesso.

Rimane comunque che un unico fattore può giustificare solo una parte della varianza delle prestazioni cognitive di una singola persona in diversi domini. Ritornerò a breve sul discorso delle intelligenze multiple e della mancanza di prove della presunta indipendenza delle varie intelligenze; ad ogni modo, anche

ipotizzando un solo fattore di base bisogna ammettere che vi siano diversi processi non dipendenti dalla connettività globale. Riprendendo il linguaggio di Chomsky, chiamo "moduli" questi fattori necessari a spiegare la varianza nell'efficacia cognitiva in diversi domini di sapere, e pertanto indipendenti dalla connettività, ma le cui attività sono integrate dalla connettività stessa.

Ovviamente anche il discorso sui moduli va approfondito, ma preferisco saltare in avanti ed esporre qualche ipotesi di modello del funzionamento cognitivo, in modo da dare il quadro generale, per poi tornare ad occuparmi dei particolari.

Un modello, che sia in grado di rispondere agli scopi dell'educazione, di intelligenza nell'adulto, deve rendere conto di: plasticità della capacità cognitiva generale, ossia del fatto che essa sia disponibile ad essere migliorata o peggiorata dall'esperienza; connettività e sue variazioni in diverse circostanze; natura di specifiche skills e loro plasticità; differenze individuali nell'intelligenza.

Le scienze cognitive in realtà hanno già elaborato una serie di modelli che rispondono a simili caratteristiche. Il modello di base, più volte riformulato e ibridato con altri, è l'Information Processing [Baddeley, 1990] che rappresenta la Working Memory come un sistema che implichi un controllo esecutivo centrale responsabile di dirigere le operazioni mentali in modo da processare l'informazione in base agli scopi e che, simultaneamente filtri l'informazione non rilevante. Si tratta di un modello estremamente semplice, che non sa rendere conto né di abilità specializzate, né di come agiscano le funzione esecutive. Tuttavia ha il grande merito di esporre chiaramente come il mantenimento di una serie di memorie a brevissimo termine sia alla base di ogni processo cognitivo. l'Information Processing Model è stato reinterpretato e reintegrato numerose volte, fino ad essere ibridato con gli stadi di sviluppo di Piaget [Adey e Demetriou, 2007], nel tentativo di rendere conto dello strutturarsi dell'intelligenza durante lo sviluppo.

Se simili modelli provenienti dalle scienze cognitive, dopo essere stati riletti e corroborati dalle neuroscienze, colmano una lacuna della teoria della Modificabilità Cognitiva Strutturale, e rispondono alle richieste dell'educazione cognitiva in generale, mi sembra chiaro che, una volta reinterpretati utilizzando il linguaggio delle neuroscienze, vadano nuovamente presi in considerazione.

Esiste, tuttavia, una difficoltà nell'integrare gli studi psicometrici sull'intelligenza

con le ricerche neuroscientifiche. Infatti, anche se la comprensione delle possibili cause delle differenze individuali di intelligenza è cruciale per l'educazione cognitiva, tale comprensione è stata ritardata dalle contraddizioni tra gli studi psicometrici, che hanno sempre visto la capacità cognitiva generale come qualcosa di ereditario e stabile, e le scoperte delle neuroscienze, che hanno dimostrato come il cervello sia plastico e dunque si adatti all'ambiente modificando anche le abilità intellettive. Il fatto che il cervello si adatti reagendo alle spinte ambientali con la modificazione delle connessioni neurali sembra contraddire i risultati di una elevata ereditarietà dell'intelligenza generale. Inoltre, se le diverse abilità cognitive fossero i correlati neurali di diversi sostrati neurali, non dovrebbe esserci alcuna correlazione tra le diverse performance cognitive, ancora una volta contraddicendo tutti gli studi che hanno confermato l'esistenza di un fattore *g*. Infine, e soprattutto, guardando solamente ai risultati delle neuroscienze, si potrebbe concludere che l'intelligenza sia interamente determinata dalle esperienze di vita, e anche questo è in contraddizione con le ricerche sulla genetica dell'intelligenza. A causa delle ovvie difficoltà nel conciliare dei risultati così diversi, non stupisce che le neuroscienze e la psicometria non abbiano comunicato adeguatamente tra loro.

In realtà le scoperte provenienti dagli studi sull'intelligenza e dalle ricerche sul cervello possono venire integrate se si accetta che ci sono delle differenze individuali nei processi attraverso cui il cervello si adatta all'ambiente, così che il cervello di alcune persone sia più efficiente nell'adattarsi rispetto al cervello di altre. In sintesi, alcuni cervelli presentano maggiore facilità di adattarsi, e questa caratteristica avrebbe base genetica. Questo è coerente tanto con la plasticità neurale quanto con la psicometria classica. Quindi le differenze individuali nella capacità cognitiva sono riconducibili a differenze, con base genetica, nei processi di adattamento, mentre è proprio l'adattamento ad incidere sulle singole performance cognitive.

Il quadro in questo modo non è tuttavia ancora completo, infatti non esistono dati che permettano di ipotizzare un diverso livello di plasticità neurale nelle varie aree cerebrali correlate con le varie abilità o conoscenze; e sembra altrettanto illegittimo giustificare la molteplicità di intelligenze riconducendola esclusivamente

a cause ambientali. In altre parole non sembra plausibile che le molteplici intelligenze e abilità cognitive siano esclusivamente il risultato di diversi percorsi di vita. Al contrario: come vi sono delle differenze innate nel fattore generale della connettività, è probabile che ve ne siano anche riguardo gli aspetti specifici, di abilità legate ad un contenuto. Ovviamente le diverse esperienze incidono pesantemente sulle differenze innate nei vari moduli cognitivi[71]. Pertanto, quanto sostenuto fin qui conduce a due problemi: da un lato definire come sia possibile una migliore capacità di adattamento, e dall'altro spiegare la molteplicità delle capacità cognitive.

Cominciando dalla molteplicità, è impossibile non confrontarsi con la teoria delle Intelligenze Multiple di Gardner. In proposito trovo molto interessante una ricerca condotta da Visser [2006]: Visser e colleghi hanno analizzato le otto intelligenze proposte da Gardner, mettendone alla prova l'indipendenza l'una dall'altra. Per far questo reclutarono 200 adulti in alcuni campus universitari valutandoli in un primo momento con il Wonderlic Personnel Test, come misura di intelligenza generale, ed in seguito sottoponendoli a due prove per ciascuna delle otto intelligenze: per il dominio linguistico sono stati adoperati test di vocabolario e di comprensione del testo; per quello spaziale test di pianificazione di mappe e di rotazione mentale di immagini; per l'intelligenza logico/matematica sono state usate prove di rapidità e accuratezza di calcolo e prove di ragionamento aritmetico, ossia era richiesto di individuare quale operazione si dovesse eseguire per risolvere un quesito; per l'intelligenza interpersonale utilizzarono un test di Cartoon Predictions volto a valutare la capacità di predire reazioni, e un test atto a evidenziare la capacità di cogliere le motivazioni personali; invece per il dominio intrapersonale è stato adoperato un questionario di autovalutazione della personalità, e un test analogo di valutazione esterna, così da confrontarne i risultati per valutare il grado di collimazione; l'intelligenza naturalistica è stata misurata attraverso una prova di categorizzazione di oggetti, richiedente di formare gruppi secondo criteri dati, e una di comprensione delle relazioni tra categorie, da esprimersi sotto forma di diagrammi; il dominio corporeo/cinestetico è stato valutato con un test di equilibrio,

71 In effetti gli aspetti modulari dell'intelligenza sono maggiormente soggetti agli effetti della plasticità neurale indotta dall'esperienza, rispetto a quanto lo sia la connettività sinaptica globale.

considerato un buon indicatore della coordinazione generale, e un test di destrezza manuale, consistente nel copiare delle linee rapidamente e correttamente; infine l'intelligenza musicale è stata misurata con delle prove di riconoscimento di eventuali differenze in brani musicali appena ascoltati, sia per quanto riguarda la scala tonale sia quella ritmica.

Al termine di questo notevole sforzo di valutazione, il gruppo di Visser ha condotto un'analisi fattoriale, trovando il fattore *g* e misurando quanto ciascuna intelligenza vi fosse associata. I risultati confermano la classica visione psicometrica sull'intelligenza: i domini cognitivi sono tutti altamente associati ad un fattore generale. In altre parole, l'intelligenza logico/matematica e naturalistica mostrano di essere altamente *g-loaded,* oltre lo 0.70 secondo Visser, le intelligenze linguistica, spaziale e interpersonale mostrano un'associazione con *g* compresa tra 0.40 e 0.60, mentre le intelligenze musicale, corporeo/cinestetica e intrapersonale mostrano un *g-loading* inferiore a 0.20. Parallelamente i domini tipicamente cognitivi (logico/matematico, linguistico e visuo-spaziale) mostrano anche un'elevata correlazione con il test di intelligenza generale.

Visser e colleghi concludono che questi risultati sono difficili da riconciliare con la teoria delle Intelligenze Multiple. In pratica, la proposta di Gardner non avrebbe basi, tuttavia risulta popolare in quanto offre agli educatori uno strumento educativo, indicando vari ambiti in cui un allievo possa essere intelligente, e coltivare queste sue doti.

Ho citato questo studio perché è ben fatto, ma trovo che l'interpretazione di Visser e colleghi manchi di cogliere un punto importante: se da un lato si riscontra un fattore generale nei risultati delle prove di abilità intellettive diverse, dall'altro tale fattore non è mai in grado di giustificare l'intera varianza. Proprio questo gioco di generale/particolare è il quid di cui non si tiene dovutamente conto: non esistono intelligenze completamente indipendenti dalle altre, ma nemmeno un'unica abilità in grado di spiegare tutto. Quindi le capacità cognitive si presentano come un sistema integrato, composto da parti segregate le cui attività siano costantemente portate assieme. Con questo in mente è plausibile parlare sia di aspetto generale dell'intelligenza, che è quello connettivo che permette di integrare, sia di abilità intellettive a se stanti, che hanno l'aspetto della modularità. Tuttavia il modulo non

va inteso come “scatola” o “circuito chiuso”, al contrario si tratta di un circuito aperto, in grado di relazionarsi con altri circuiti aperti attraverso processi di formazione di mappe neurali e di neuronal recycling. Presto toccherò di nuovo l'argomento dei moduli, ma prima dico qualcosa sulla capacità di adattamento del cervello.

L'idea che essere intelligenti corrisponda ad essere adattabili attraverso l'apprendimento è perfettamente coerente con le proposte di Feuerstein. Si tratta di una prospettiva già parzialmente esplorata da Dennis Garlick [2002]. Garlick nota come il livello di sviluppo intellettivo di una persona sia in funzione dell'abilità del cervello di adattarsi all'ambiente: individui dotati di maggiore plasticità neurale avranno capacità cognitive maggiormente sviluppate; al contrario, individui dotati di scarsa plasticità saranno meno in grado di formare nuovi circuiti neurali in risposta alle sollecitazioni ambientali.

Garlick indica la plasticità e le sue differenze individuali come marker fisiologico dell'efficacia della capacità di adattamento, tuttavia egli manca di una prospettiva in termini funzionali[72], ovvero non considera come sorgano e come si declinino le differenze individuali in seguito all'esperienza. Concordo con Garlick nel sostenere che la plasticità cerebrale sia una condizione indispensabile per tutti i fenomeni cognitivi, e pertanto una condizione dell'intelligenza. A questo aggiungo una distinzione: la semplice quantità di plasticità non è elemento sufficiente. Se la quantità di plasticità fosse il solo fattore, allora le capacità intellettive dovrebbero essere inversamente correlate all'età. Ne seguirebbe che un adulto non potrebbe mai essere intelligente quanto un bambino. Infatti il cervello di una persona in via di sviluppo è più plastico di quello di un adulto. Ovviamente Garlick sostiene che l'intelligenza si palesa dopo l'esperienza, ossia dopo che il cervello si sia adattato ad un ambiente. Ma questa visione non deve essere intesa nel senso che, una volta adulti, le capacità cognitive non siano ulteriormente modificabili. Infatti questo sarebbe in conflitto con numerosi studi riportati nel precedente capitolo. Si ricordi in particolare il fatto che il cervello di un adulto mantiene una notevole plasticità. Bisogna dunque analizzare il fenomeno: cosa significa, per un cervello, essere plastico? Significa avere la capacità di creare nuove connessioni tra neuroni e

72 Funzionale è qui inteso riferendosi al ruolo biologico che le differenze a livello di plasticità svolgono in relazione all'adattamento.

gruppi di neuroni, potenziando e deprimendo sinapsi.

Pertanto il punto non è tanto la quantità di modificazione a cui un cervello può arrivare, quanto l'efficacia di tale plasticità, ossia la capacità di creare connessioni in maniera da rispondere adeguatamente alle stimolazioni ambientali. Tale capacità dipende non solo dalla quantità[73], ma soprattutto dalle qualità delle connessioni sinaptiche: più le sinapsi sono in grado di mantenere un'elevata attività elettrica per un tempo prolungato, più si innescano i meccanismi di potenziamento-depressione all'interno del cervello. Parallelamente, più le sinapsi sono in grado di mantenere un'elevata attività elettrica per un tempo prolungato, migliore sarà la capacità della Working Memory, e quindi migliore sarà la performance cognitiva. Infatti la Working Memory è proprio espressione dell'efficacia sinaptica nello scambiarsi segnali: il correlato neurale della Working Memory Capacity è l'abilità delle sinapsi di mantenere lo scambio di segnali. Dunque maggiore è la connettività neurale, più efficiente è la plasticità cerebrale. La proprietà fisiologica che consente i processi cognitivi è la medesima che conduce agli adattamenti cerebrali. Questa proprietà si palesa a livello sinaptico, come efficienza nel connettere gruppi di neuroni. Un cervello dotato di elevata connettività porterà su di se le tracce della propria attività, in forma di modificazioni che hanno elevata probabilità di risultare adattive. In ultima analisi la plasticità cerebrale agisce in funzione della connettività neurale.

Riprendendo quanto detto sin qui e portando avanti la riflessione, è dunque possibile sostenere che: nelle tipiche batterie di test, consistenti in dieci o quindici compiti cognitivi diversi che coinvolgono un ampio spettro di contenuti, un fattore *g* giustifica sempre almeno un 40% della varianza totale; che ogni singolo test cognitivo mostra una notevole varianza specifica, in genere compresa tra il 20% e il 50% della varianza totale; infine che i test simili nel contenuto siano maggiormente correlati rispetto a test dotati di contenuti diversi [Deary, Penke, Johnson 2010]. Le persone, pertanto, presentano sia un aspetto intellettivo generale, sia delle aree di relativa forza o debolezza.

73 Si è stabilito che il cervello umano sia abbondantemente plastico. La ridondanza è una delle sue caratteristiche: la morte neuronale è un fenomeno del tutto funzionale proprio per via della grande abbondanza di connessioni. Nel caso questa risorsa biologica di plasticità venga meno, ad esempio a causa di lesioni o di età molto avanzata, allora l'aspetto quantitativo diventa assai rilevante ai fini della capacità di adattamento.

Tutto questo ha condotto a ritenere che l'intelligenza non risieda in una singola area del cervello, piuttosto la struttura alla base delle capacità cognitive viene correttamente descritta come una small-world network[74]. Questo implica da un lato l'importanza delle fibre di materia bianca, ossia gli assoni e i loro rivestimenti, che portano i potenziali elettrici da un loco ad un altro nel sistema nervoso, senza questa attività assonale la connettività cerebrale sarebbe di gran lunga inferiore. Dall'altro suggerisce che individui diversi possano raggiungere i medesimi risultati durante una performance cognitiva, ma utilizzando diversi percorsi neurali, confermando così la proprietà biologica dei tessuti nervosi di essere degenerati, come notato da Edelman [1987].

La concezione secondo cui i correlati neurali dell'intelligenza siano un network di aree cerebrali è sostenuta da studi effettuati con il metodo della lesione [Gläscher et al. 2010]. Gläscher e colleghi si sono domandati se l'intelligenza generale rifletta la performance combinata di diverse aree cerebrali coinvolte in compiti cognitivi, oppure se abbia come base un sistema specializzato che connetta tali aree. Per trovare una risposta hanno condotto uno studio di neuroimmagine su 241 pazienti con lesioni al cervello: ciascuno dei pazienti è stato valutato con il Wechsler Adult Intelligence Scale, e i risultati del test sono stati comparati con la natura delle aree lesionate. Sono state riscontrate associazioni statisticamente significative tra un fattore *g* e un network circoscritto ma distribuito nella corteccia frontale e parietale, che include fasci associativi di materia bianca. Questi risultati suggeriscono che l'intelligenza generale abbia come base le connessioni tra regioni cerebrali che integrano, attraverso processi di Working Memory, le funzioni verbali e visuospaziali. In altre parole che l'intelligenza generale abbia come correlato neurale l'efficienza della comunicazione interregionale cerebrale; il particolare riferimento alle aree verbali e visuospaziali può derivare dal tipo di test intellettivo utilizzato, che si focalizza proprio su tali aspetti dei processi cognitivi.

Questi studi corroborano la Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT), teoria che sta diventando sempre più popolare tra i neuroscienziati, secondo la quale

74 La small-world network è un tipo di grafo matematico dove la maggior parte dei nodi non sono vicini l'uno all'altro, ma la maggior parte dei nodi possono essere raggiunti a partire da qualsiasi altro nodo attraverso un numero molto basso di passaggi. L'attività neurale che funge da correlato neurale della Working Memory presenta le caratteristiche di una small-world network tra neuroni.

l'intelligenza fluida dipende dalla capacità di ciascun cervello di connettere nel modo più efficacie, ossia ampio e rapido e senza errori, un numero di aree cerebrali diverse. La P-FIT è stata proposta da Jung e Haier [2007] i quali, dopo aver revisionato 37 studi di neuroimmagine, sia dal punto di vista strutturale che funzionale, hanno notato che l'intelligenza e la capacità di ragionamento sono predette, a livello cerebrale, da variazioni in un network distribuito. Jung e Haier hanno concluso che le tecniche di neuroimmagine possano indagare la biologia dell'intelligenza, e quindi hanno proposto la P-FIT quale spiegazione parsimoniosa di numerose osservazioni empiriche che mettono in relazione differenze individuali nei punteggi dei test intellettivi con variazioni nelle strutture e nelle funzioni cerebrali.

Il modello della P-FIT delucida l'interazione critica tra le associazioni corticali all'interno delle aree parietali e frontali, le quali, quando sono efficacemente connesse da strutture di materia bianca, fungono da basi neurali della capacità di ragionamento negli esseri umani e delle relative differenze individuali. Inoltre le aree cerebrali coinvolte dalla P-FIT si sovrappongono a quelle coinvolte nei processi di Working Memory e relativa funzione dell'attenzione interna.

Ne emerge che dal punto di vista fisiologico vi sono diversi marker biologici dell'intelligenza: fattori di plasticità e massa, di capacità sinaptica e rapidità assonale nel passaggio dei segnali, sono condizioni per la formazione della struttura cognitiva che determina il potenziale intellettivo e, in seguito all'esperienza, anche il livello attuale di intelligenza, ovvero sia il livello di adattamento nei vari campi sia la capacità di variare tale livello. Tuttavia va sottolineato che le neuroscienze possono solamente trovare i correlati neurali delle performance cognitive, pertanto trattare i risultati qui esposti a stregua di spiegazioni causali sarebbe fuorviante[75].

Da questo confronto tra ricerche provenienti dalle scienze cognitive e dalle neuroscienze emerge un modello della struttura funzionale delle capacità cognitive. Tale modello indica alcune proprietà del cervello quali correlati neurali delle funzioni intellettive.

Può essere schematizzato nei seguenti punti:

---

75 Tanto che le differenze cerebrali alla base delle differenze individuali di performance cognitiva sono soggette alla plasticità neurale: cambiano in seguito all'esperienza.

1. Proprietà condizionale: plasticità

La plasticità è la proprietà biologica che offre le condizioni affinché i processi cognitivi possano esistere. Senza plasticità non vi sarebbe alcuna forma di memoria né di cambiamento a livello mentale e di comportamento. Inoltre il potenziale educativo è direttamente proporzionale alla plasticità, così che nelle prime fasi della vita, quando il cervello inizia a formare sinapsi, si è in grado di apprendere moltissimo. Il cervello umano, durante le fasi adulte della vita, continua ad essere capace di potenziamento e depressione di sinapsi, pertanto rimane caratterizzato da una tipo di plasticità meno radicale, ma che consente di riciclare i circuiti neurali esistenti. Questo permette di sfruttare gli adattamenti cerebrali precedentemente sviluppati, così da formare nuovi adattamenti in maniera più rapida, anche se meno precisa, rispetto agli adattamenti formati durante le fasi di sviluppo.

2. Proprietà generale: connettività

La plasticità agisce attraverso la connettività. I singoli neuroni si connettono in circuiti formando sinapsi, in seguito i diversi circuiti si collegano tra loro potenziando e deprimendo le sinapsi. In tal modo il cervello costruisce delle mappe neurali che sono i correlati di tutta l'attività mentale e del comportamento. L'apprendimento adulto è espressione di cambiamenti nella forza connettiva tra gruppi di neuroni. La connettività è soggetta a differenze individuali. Essa è caratterizzata da tre proprietà: la rapidità di trasmissione dei segnali da neurone a neurone, che dipende principalmente dalla mielinizzazione degli assoni, la durata di attivazione continua della sinapsi, che dipende dalle riserve chimiche dei neuroni e della loro membrana, e la quantità di elementi che possono essere contemporaneamente mantenuti operativi nella mente, che emerge dall'interazione tra le precedenti due proprietà a livello delle aree prefrontali e fronto-parietali. L'ultima proprietà corrisponde alla capacità della Working Memory, ed è altamente correlata alle capacità di ragionamento e problem solving. La connettività può essere migliorata a livello globale sia allenandola con compiti intellettivamente impegnativi, sia attraverso l'aumento dell'interesse e della motivazione, sia a livello metacognitivo attraverso l'attenzione esecutiva, ossia tenendo operativi in mente un numero di elementi sufficientemente limitato da

poter essere gestito con efficienza ed escludendo ogni altro elemento. Grazie a tali metodi la connettività globale può essere migliorata, tuttavia in misura limitata. Nessuno studio svolto con un numero di soggetti elevato, 100 o più, ha mai messo in luce un miglioramento che fosse superiore ad una deviazione standard rispetto alla media della popolazione di riferimento.

3. Proprietà specifiche: formazione di circuiti e mappe neurali

Mentre a livello globale la connettività può essere modificata in misura limitata, a livello locale le sinapsi possono essere potenziate in maniera molto elevata e a lungo termine. Questo fenomeno consente la formazione di gruppi di neuroni collegati tra loro in maniera altamente privilegiata. Tali gruppi sono definiti circuiti neurali. Alcuni di essi si sviluppano principalmente per via di istruzioni genetiche, altri principalmente in seguito all'esperienza. Questi circuiti sono i correlati neurali di precise funzioni cognitive. Sono inoltre la sede di deficit cognitivi particolari, come ad esempio discalculia o dislessia. Essi sono i correlati neurali di quello che le scienze cognitive chiamano “moduli”. Va sottolineato che non si tratta di “scatole chiuse”, al contrario sono circuiti aperti, in costante comunicazione tra loro. Questa loro caratteristica li rende segregati-integrati, ossia si tratta di gruppi di neuroni funzionalmente circoscritti, ma che si attivano sempre in concertazione con altri. Essi costituiscono gli aspetti particolari dei diversi tipi di intelligenza: il concetto di intelligenze multiple si riferisce proprio al peculiare mosaico di funzioni cognitive, variamente sviluppate e che si aggregano in diversi modi, che danno origine a profili cognitivi assai specifici anche in persone dotate di simili livelli di connettività generale e di plasticità. Infatti i diversi circuiti neurali, le cui funzioni possono essere più o meno sviluppate, si dispongono in mappe neurali in seguito all'esperienza e attraverso l'aumento di forza sinaptica, e quindi di connettività locale. Le mappe neurali, correlato di skills e disposizioni, sono formate in vari modi, secondo tante combinazioni, e si compenetrano, sovrapponendosi. Di qui l'aspetto proteiforme dell'intelligenza: a livello cerebrale esistono potenzialmente diversi percorsi che producono capacità cognitive funzionalmente analoghe, oppure che conducono a strategie di adattamento alternative. I confini tra mappe neurali non sono netti, e le mappe stesse sono soggette a continue trasformazioni durante tutta la vita. Considerato tutto questo, risulta fuorviante creare un elenco

preciso di intelligenze o di funzioni cognitive, infatti ogni persona esibisce ad ogni dato momento un profilo intellettivo, culturale ed emotivo unico.
L'aspetto importante di questo modello sta nell'interfaccia tra connettività generale e suoi aspetti locali: quando l'aspetto locale è molto forte le funzioni cognitive ad esso legate sono altamente efficienti, tanto da svolgere le loro operazioni in maniera automatica, mentre l'attenzione interna correlata alla connettività a livello prefrontale e fronto-parietale resta disponibile allo svolgimento di ulteriori compiti cognitivi e di monitoraggio. Questi casi di elevata efficienza a livello di mappe neurali sono possibili grazie all'esperienza, sono i correlati neurali dell'expertise. Al contrario, quando gli aspetti locali sono carenti, tutta l'attivazione sinaptica è a carico della connettività generale, andando a saturare la capacità della Working Memory, che è limitata. Nel caso di soggetti dotati di buona connettività generale, le mappe neurali vengono rapidamente ed efficientemente rafforzate per rispondere alle sfide cognitive. In soggetti dotati di minore capacità generale il percorso è più lungo e costellato da un maggior numero di errori. D'altro canto, una volta raggiunto, o in seguito all'esperienza o per via di predisposizione genetica, un buon adattamento a livello locale, anche persone che non eccellono in termini di capacità generale possono disporre di alcune abilità intellettive circoscritte assai sviluppate.
Mi rendo conto come il concetto di intelligenza proteiforme, pur essendo sicuramente funzionale all'educazione cognitiva, non riesca a rendere conto esaurientemente della complessità e delle possibilità della cognizione umana. Ne svela solo una piccola parte: θαυμάζω di fronte ad esse, alle possibilità che la modificabilità cognitiva concede agli esseri umani di rispondere alle sfide della sopravvivenza, di creare nuove conoscenze.

4.3 oltre Feuerstein: riflessioni per un'educazione cognitiva

Il lavoro di Reuven Feuerstein si presenta come un paradigma educativo di vasta portata, che offre gli strumenti essenziali all'educazione inclusiva e cognitiva. La

Teoria della Modificabilità Cognitiva Strutturale e dell'Esperienza di Apprendimento Mediato offrono i mezzi grazie ai quali le persone possono guadagnare un migliore senso di identità e di empowerment [Margiotta, 2012].

L'approccio di Feuerstein può avere conseguenze importanti per le politiche scolastiche e formative a livello globale. Si consideri che l'approccio educativo maggiormente adottato enfatizza la trasmissione di conoscenze e l'insegnamento delle abilità scolastiche di base; la principale debolezza di questo approccio sta nel fatto che si investa molto poco nei processi di pensiero che vengono appresi attraverso il confronto con l'esperienza. Dal momento che questo approccio, content-based, è limitato alla trasmissione di sapere, Feuerstein ha sottolineato a più riprese quanto sia inadeguato ad incontrare le necessità di una buona parte degli studenti. Considerando l'ampiezza delle funzioni cognitive proprie degli esseri umani[76], Feuerstein si muove nella direzione di progettare interventi specifici al fine di strutturare il pensiero. Dunque non solo di apprendere dei saperi, ma anche delle skills cognitive trasversali, che possano essere trasferite ad altri ambiti. Feuerstein ha anticipato quello che le politiche educative contemporanee hanno bisogno di identificare e proporre come curriculum formativo [Margiotta, 2012]. L'assunzione centrale dell'alternativa curricolare basta sul lavoro di Feuerstein consiste nel vedere quanto è stato appreso non solo quale punto di arrivo, piuttosto quale punto di partenza per un ampliamento della disponibilità ad ulteriori esperienze culturali e sociali. Si tratta di esperienze di apprendimento volte a migliorare le capacità personali e atte a generare ulteriori esperienze simili, in un circolo virtuoso. Questo conduce ad un curriculum mirato a creare consapevolezza di sè e dei propri processi di pensiero, dei concetti e delle strategie da utilizzare nei vari contesti di vita, e che non si limita ad insegnare i contenuti.

---

76 Qui non riesco a frenarmi dallo scrivere una nota faceta: davvero la lunga tradizione che parte dal comportamentismo ha impostato l'educazione umana su modelli animali? Che tipo di studenti siamo, i cani d Pavlov o i piccioni di Skinner? Basta avere buon senso per rendersi conto che è ridicolo! E poi venne il cognitivismo. La computazione prese il sopravvento e la domanda cambiò: che tipo di studenti siamo, più ad interfaccia grafica, simbolici, lineari o paralleli? L'ironia sta ne fatto che ancora ad oggi, 21esimo secolo, sembrano esserci delle resistenze nei confronti di un'educazione che parta dalla specificità umana di ogni persona, e sia mirata a formare il pensiero e potenziare le capacità cognitive.

Tali processi di modificabilità dell'apprendimento, che consistono nel portare gli studenti a pensare e ad apprendere meglio, richiedono di rendere significativo lo studio dei contenuti grazie allo sviluppo di abilità e di abitudini cognitive che relazionino quanto è stato studiato a future, o parallele, esperienze di apprendimento. Dato l'attuale stato della formazione degli insegnanti, che si concentra sull'insegnamento disciplinare e delle abilità scolastiche di base, è evidente che questo approccio educativo domandi un nuovo tipo di formazione per gli insegnanti.

Inoltre, in seguito agli ultimi decenni di ricerca sul cervello, la comunità educativa si è resa conto che la conoscenza del funzionamento cerebrale è un mezzo utile a creare nuovi modi di migliorare l'educazione, e che quindi le neuroscienze avranno un ruolo da giocare nelle pratiche educative e formative. Sia le neuroscienze sia le scienze cognitive possono informare la pedagogia: un dialogo tra neuroscienze e pedagogia, con la mediazione delle scienze cognitive, sta portando alla nascita di una scienza interdisciplinare dell'apprendimento. Queste 'scienze dell'apprendimento' incideranno profondamente sulle politiche educative a livello globale.

Fatte queste premesse, vi sono alcune criticità da mettere in luce per quanto riguarda il Programma di Arricchimento Strumentale. Per prima cosa non ci sono studi che indichino gli effetti di ciascun singolo strumento sulle capacità cognitive, né studi che misurino gli effetti del programma, nel suo complesso o strumento per strumento, a livello cerebrale. Colmare una simile lacuna costituisce l'evoluzione del lavoro di Feuerstein: senza delle ricerche analitiche, effettuate con le tecniche più moderne delle neuroscienze, che indichino con solidità epistemologica come aggiornare le pratiche volte a promuovere la modificabilità cognitiva, il Programma di Arricchimento Strumentale è da considerarsi materiale superato.

Solo gli studi che consentono di relazionare attività mentale, cambiamenti cerebrali e modificazione cognitiva, possono garantire un futuro all'educazione cognitiva. Sto parlando di studi longitudinali, che misurino l'impatto dell'esperienza sull'attività del cervello, tenendo conto della dimensione storica dell'apprendere, e monitorando i marker neurofisiologici dell'intelligenza, secondo i modelli esistenti di cui ho discusso nei paragrafi precedenti, durante l'applicazione

dell'arricchimento e della mediazione. Si tratta di ricerche pionieristiche, in grado di mettere in luce i cambiamenti delle capacità cognitive, relazionandoli con le modificazioni dei parametri neurofisiologici correlati alla performance, e con determinate condizioni, esperienze e ambienti di apprendimento. Inoltre, tramite la prospettiva fenomenologica, è possibile controllare la dimensione soggettiva ossia il modo in cui ciascun individuo si relaziona all'ambiente di apprendimento, come vive le sue esperienze. Questo in funzione di promuovere i processi di riflessione sul proprio apprendere, ed è finalizzato ad indagare la focalizzazione dell'attenzione e dei pensieri, consentendo di studiare i correlati neurali della metacognizione.

Proprio la metacognizione, che è una delle colonne dell'approccio di Feuerstein, è a mio parere uno dei campi con maggiore possibilità di sviluppo grazie all'apporto delle neuroscienze: si tratta di una porta d'accesso per studiare come il pensiero influenza se stesso, indagare la stratificazione storica di quello che una persona pensa e crede riguardo al proprio pensiero e alle proprie capacità cognitive, ricostruire la genealogia del cambiamento operato dall'attività cosciente sulla plasticità cerebrale.

Questo apre un fronte di riflessione e di ricerca molto ampio, e ancora largamente inesplorato dal punto di vista interdisciplinare delle scienze dell'apprendimento, su cui sperimentare.

I correlati neurali della metacognizione hanno iniziato ad essere indagati a livello neurofisiologico, tuttavia gli esperti del cervello non dispongono delle definizioni di metacognizione proprie delle scienze dell'educazione. Questo limita la generalizzabilità dei risultati degli studi sul cervello: sfuggono le implicazioni di carattere educativo di studi che, in seguito ad un esame attento, si rivelano molto promettenti per chi si occupa di educazione formazione. Min e Park [2010], ad esempio, hanno individuato le modulazioni nell'attività cerebrale della corteccia cingolata anteriore (ACC) e prefrontale, mettendole in relazione con l'attività posteriore prestimolo di tipo alfa. I ricercatori hanno trovato prove a sostegno del fatto che l'attività alfa nella parte posteriore del cervello rifletta una prontezza cognitiva nei confronti di un task, un'attenzione volontaria rivolta ad un compito. Con inibizione dell'attenzione esogena. Mentre l'attività theta a livello ACC riflette

l'inibizione attiva ed è correlata con il monitoraggio degli errori. Queste scoperte gettano luce sia sulle capacità di inibire processi cerebrali irrilevanti rispetto ad un compito volontario, sia sulle capacità di monitorare consapevolmente i propri processi cognitivi e di inibire l'agire mentale in caso di errori. Un simile studio non solo pone le basi di una potenziale diagnosi precoce di disturbi di attenzione e comportamento, ma soprattutto apre alla possibilità di studi longitudinali che consentano di mettere in evidenza quali attività educative incidano sulla modulazione ottimale dei processi di inibizione attentiva e di error monitoring.

In generale, le registrazioni EEG permettono di analizzare i processi mentali attenti correlandoli con delle precise attività cerebrali, questo consente di misurare gli effetti dell'auto-riflessività sui processi cognitivi e sugli stati mentali a livello cerebrale, consentendo dunque di trovare i correlati neurali della metacognizione e degli effetti che essa ha sull'apprendimento e sulle performance cognitive. In altre parole è possibile evidenziare cosa genera l'apprendimento di strategie e abitudini metacognitive sia sulle capacità intellettive sia sulle strutture cerebrali: ci si trova davanti alla possibilità di analizzare come le esperienze modificano il cervello umano.

Questo vale non soltanto per gli aspetti metacognitivi e auto-riflessivi, ma anche quelli motori, percettivi ed emotivi[77]. In particolare l'emozione è legata a doppio filo con la cognizione. Infatti la corteccia rostrale cingolata anteriore è l’area del cervello che si accende quando capiamo di aver commesso un errore, ed è collegata alle emozioni. Se non è debitamente sviluppata, sorgono delle patologie rispetto al recriminare sui propri sbagli (per esempio il disturbo ossessivo compulsivo) o alla corretta valutazione del proprio comportamento [Baruzzo, 2007]. Senza scendere nei dettagli, mi limito qui a richiamare il lavoro di Antonio Damasio, il quale ritiene che lo studio del rapporto tra cervello ed emozione sia stato a lungo trascurato per via del dualismo cartesiano.

Nei suoi studi Damasio [1994 e 1999] parte dall'osservazione che se la corteccia prefrontale viene danneggiata in giovane età, il cervello non è più in grado di relazionare emozioni e comportamenti. Egli riporta il caso di pazienti con danni

---

77 Non ho personalmente approfondito gli aspetti motori e percettivi, e quindi non ne tratto in questa sede. Tuttavia anche il movimento e la percezione sono coinvolti nell'apprendimento: sono pienamente coinvolti nella plasticità neurale.

nella regione prefrontale nei quali, pur rimanendo integre le altre facoltà cognitive superiori, come attenzione, memoria e quoziente intellettivo, l'assenza di emozioni si accompagna all'incapacità di vivere autonomamente. Per quanto Damasio non tratti gli aspetti legati all'apprendimento di questo fenomeno, è del tutto logico ritenere che vi siano delle forti implicazioni per l'educazione: la capacità di gestire il proprio comportamento in maniera autonoma, di provare interesse, e quindi di scegliere, sono fattori importanti nell'orientare ogni esperienza educativa.

A questo proposito è interessante uno studio di Tzuriel [2011], disegnato per indagare le differenze individuali nella modificabilità cognitiva e al contempo monitorare i fattori emotivo-motivazionali durante lo studio e le fasi di assessment. Centoquarantacinque alunni di terza elementare sono stati divisi in 4 gruppi: gifted [G], 41 soggetti; outstanding-high [OH], 31 soggetti; outstanding-low [OL], 35 soggetti; typical [T], 38 soggetti. Tutti i gruppi sono stati valutati con i test delle analogie tratto dalla Cognitive Modifiability Battery e con il Rey’s Complex Figure test, inoltre sono stati registrati e valutati i comportamenti di impulsività e di motivazione. I gruppi G e OH sono risultati simili dal punto di vista della modificabilità cognitiva, e hanno ottenuto punteggi migliori rispetto agli altri due gruppi. La cosa notevole è che il gruppo OH è risultato superiore in maniera consistente rispetto al gruppo G proprio per quanto riguarda i fattori emotivo-motivazionali.

Se questo studio non ci dice nulla di inaspettato, ha il merito di portare l'attenzione al ruolo delle emozioni anche all'interno della prospettiva strettamente cognitivista di Feuerstein. Infatti, nonostante empatia e motivazione giochino due ruoli chiave nell'apprendimento, Feuerstein non le considera come componenti dell'intelligenza, piuttosto come capacità che influenzano sensibilmente l'andamento dell'apprendimento. Questo atteggiamento di Feuerstein è a mio avviso da considerarsi superato: lo studio di Tzuriel apre ad una visione maggiormente integrata dell'educazione. Ora la riflessione pedagogica su questo argomento ha il compito di individuare le modalità migliori per educare le emozioni assieme alla cognizione. Appare evidente come, pur guardando al lavoro di Feuerstein quale pietra angolare su cui basare un nuovo paradigma educativo, il Programma di Arricchimento Strumentale da solo non risponda alle esigenze

educative che ci attendono nel XXI secolo.

Tuttavia queste esigenze possono trovare una risposta efficacie partendo dalla seguente domanda: perché le capacità cognitive si modificano diversamente da persona a persona?

Rispondere al quesito è la matrice da cui partire per creare un tipo di educazione cognitiva supportata da una solida struttura epistemologica. Dopo molto ricercare e riflettere, sono giunto alla conclusione che la risposta al quesito sia in realtà piuttosto banale: sintetizzando quanto discusso precedentemente, è possibile individuare numerosi moduli indipendenti l'uno dall'altro e legati a contenuti o abilità specifici, linguistiche o visuo-spaziali o numeriche ecc, questi sono alla base della molteplicità delle intelligenze, ed un'eventuale carenza in uno di questi moduli porta a deficit cognitivi potenzialmente estesi ma dipendenti da un'area ben precisa; è inoltre possibile individuare le capacità cognitive trasversali, che si possono sintetizzare nella triade Working Memory Capacity – Inibizione – Attenzione Esecutiva, questa triade rappresenta gli aspetti generali dell'intelligenza, ed i deficit riguardo queste capacità portano a carenze cognitive profonde; infine vi sono le strutture e i processi connettivi che portano alla performance integrata, e lavorano in relazione sia ai moduli indipendenti che alle capacità trasversali, essi sono quei collegamenti nervosi che si formano tra diverse aree della corteccia in seguito ad apprendimento. Tenuto conto di questo, si consideri che certe abilità sono molto usate nella quotidianità da una persona, ergo sono vicine ai limiti possibili, in particolare le capacità trasversali, specie in una realtà cognitivamente impegnativa come la società occidentale, tendono ad essere vicine al livello massimo. Ma questo non vale per quelle persone culturalmente deprivate, che possono non aver avuto la spinta ambientale e sociale atta a stimolare le loro capacità trasversali, non quanto una persona che è molto istruita. Quindi, in persone scolarizzate, compiti, ad esempio, di lettura possono migliorare l'abilità linguistica ma non innalzano le capacità cognitive in termini generali. Diversamente le persone illetterate, che, impegnandosi a leggere, potranno non solo acquisire una skill di base, ma anche ottenere benefici cognitivi globali. Inoltre c'è il ruolo delle strutture e dei processi connettivi: l'integrazione di un solo modulo difettoso può assorbire attenzione endogena e Working Memory,

danneggiando la prestazione nel suo complesso. Pertanto, correggendo singoli deficit, a volte si ottiene un effetto “miracoloso”[78].

Tenendo conto della plasticità cerebrale e delle pratiche di educazione cognitiva, credo di poter affermare che il contributo di Feuerstein, pur essendo fondante, abbia solamente iniziato ad esplorare un mondo molto ampio. Intendo quell'insieme di possibilità che si aprono quando si ritiene ogni esperienza come potenzialmente *procognitiva*, definendo *procognitive* tutte quelle attività capaci di migliorare i processi cognitivi. L'azione, in particolare l'agire mentale, non può che modificare la mente, e tali modificazioni possono incidere su quello che chiamiamo intelligenza. Ovvero sulle disposizioni di pensiero e di apprendimento.

Voglio sottolineare come sia più corretto sostenere che l'intelligenza si apprenda, piuttosto che dire che si sviluppi. Infatti lo sviluppo prevede lo svolgimento di un programma pre-esistente. Sviluppare: togliere il viluppo, ciò che è avvolto. L'intelligenza, intesa come capacità di adattarsi grazie all'apprendimento e attraverso il pensiero, non ha nulla a che vedere con uno svolgere qualcosa precedentemente avviluppato. Al contrario, è in funzione delle esperienze e dell'agire di ogni persona[79].

Questo non toglie che vi siano dei limiti, sia genetici che di occasione, all'apprendimento dell'intelligenza: l'idea di poter plasmare ogni persona in qualsiasi cosa si decida è semplicemente irragionevole, credo abbia a che fare con una sorta di delirio di onnipotenza del pedagogista, o magari con i suoi complessi di inferiorità. Sarebbe del tutto ridicolo investire tanto per rendere, ad esempio, un grande scrittore qualcuno non propenso a diventarlo. Ed è anche ridicolo ritenere che basti la volontà del discente e le migliori pratiche educative per raggiungere sempre lo scopo. Piuttosto, il tipo di approccio iniziato da

---

78 Leggendo le varie testimonianze portate da Feuerstein a sostegno del proprio lavoro, è spesso possibile rintracciare proprio questo fenomeno. Ossia si tratta di storie di studenti che avevano prestazioni scolastiche molto basse, pur essendo caratterizzati da un'intelligenza nella norma. Questi studenti tuttavia presentavano alcuni deficit che minavano le loro prestazioni. Una volta corretti i deficit, le prestazioni scolastiche, e la fiducia in se stessi, degli studenti miglioravano nettamente.

79 Probabilmente gli studi sullo strutturarsi del pensiero durante gli anni dello sviluppo hanno lasciato una forte impronta. Ovviamente se si analizza la mente durante al crescita, si noterà uno sviluppo grezzo comune, tipico di virtualmente ogni membro della specie umana.

Feuerstein suggerisce di non ipostatizzare nulla in educazione. Aprire alla possibilità. L'apprendere, l'educare e il formare riflettono un àpeiron. I limiti vengono dal di fuori rispetto all'esperienza di apprendimento, e ce ne sono moltissimi, genetici, culturali, sociali e via dicendo.

Infine, aggiungo che parlare di intelligenza, come faccio io stesso, è sempre una semplificazione. Più preciso sarebbe parlare di soggetto intelligente in un dato tempo e sotto un dato riguardo.

Al di là di queste riflessioni, com'è possibile declinare l'educazione cognitiva in concreto?

Esistono fondamentalmente due tipi di interventi: clinico o globale.

Vesterager [2011] descrive un intervento di tipo clinico di computer-assisted cognitive training, costituito da quattro moduli, i primi tre focalizzantesi su attenzione, funzioni esecutive e memoria, il quarto sui compiti che ciascun soggetto preferiva o aveva bisogno di allenare maggiormente. I moduli 1 e 2 sono basati su compiti cognitivi non-sociali, che incrementano progressivamente la difficoltà, mentre i moduli 3 e 4 comprendono compiti che hanno riscontri nella pratica. Quindi i primi due moduli sono rivolti a potenziare funzioni di attenzione e Working Memory, mentre gli ultimi due sono rivolti a migliorare le capacità di problem-solving. La durata dell'intervento è stata di due sessioni di un'ora a settimana per 16 settimane, e di una sessione di mediazione a settimane alterne, riguardante gli obbiettivi personali, il livello di efficacia e le difficoltà cognitive incontrate.

Gli effetti del training sono risultati stabili durante il testing intellettivo effettuato 10 mesi dopo la conclusione dell'intervento. Il lavoro di Vesterager ha utilizzato un gruppo di controllo costituito da persone sane, ed un gruppo di pazienti psichiatrici. Questo in quanto lo scopo del suo studio era quello di indagare gli effetti di un training cognitivo sui pazienti psichiatrici, in particolare schizofrenici. A me interessano invece i risultati che ha ottenuto sul gruppo di controllo. Infatti offre un buon esempio di intervento atto a migliorare in breve tempo le capacità cognitive utilizzando sia la mediazione sia le ICT. Questo tipo di intervento è più rapido e meno costoso rispetto al Programma di Arricchimento Strumentale, pur riflettendone i tratti di assenza di contenuti. È ideale come intervento mirato, ed

extra-scolastico.

Il secondo tipo di approccio è esemplificato da Green e Bavelier [2008]. In questo caso i ricercatori partono dall'idea che gli esseri umani abbiano una incredibile capacità di apprendere per adattarsi a nuovi ambienti, che tuttavia la capacità di adattamento sia ostacolata dalla tendenza alla specificità dell'apprendere, ossia alla limitata trasferibilità delle capacità apprese. Pertanto si domandano quali siano le pratiche che promuovono un apprendimento generale, che sia trasferibile a domini diversi. Green e Bavalier, prendendo le distanze dalle classiche pratiche educative, hanno individuato tre tipi di attività formative che incidono sulle capacità cognitive in modo globale e integrato. Esse sono la formazione musicale, la formazione atletica e la simulazione via video game. Gli autori riportano: gli effetti dell'apprendimento della musica, sia attraverso il canto che lo studio del pianoforte, sulla cognizione, e in particolare sull'aumento di Quoziente Intellettivo, evidenti dopo almeno 6 mesi di studio; gli effetti di alcuni sport, come basketball e palla a nuoto, sulla percezione, sull'attenzione selettiva, sulla rapidità e la coordinazione occhio-mano, e sull'abilità di orientarsi nello spazio; mentre riguardo ai video giochi, non solo possono essere utilizzati come veicoli per il cognitive training, ma possono anche simulare numerose situazioni quotidiane, facilitando il bridging delle capacità apprese verso situazioni di uso reale.

In sintesi le pratiche educative classiche tendono ad agire sulle diverse capacità isolandole e concentrandosi principalmente sulla memoria semantica. Questo ha l'effetto di rendere più rapido l'apprendimento di singole abilità o conoscenze, ma anche di renderlo meno trasferibile e meno utilizzabile. Mentre un paradigma che si pone come obbiettivo di formare l'intelligenza si avvantaggia della flessibilità cognitiva, e dei suoi aspetti globali e trasferibili, che rendono le persone capaci di adattarsi ad ambienti sempre nuovi.

Quindi, nel solco tracciato da Feuerstein, è plausibile sia utilizzare per periodi limitati di tempo degli interventi di stampo clinico, atti a recuperare dei deficit, sia sfruttare l'impatto cognitivo di esperienze varie. Dove la parola “varie” non indica casualità, ma genericità. In conclusione l'educazione cognitiva avrà come base epistemologica la conoscenza degli effetti delle esperienze sulla plasticità cerebrale: l'educazione cognitiva potrà considerarsi un paradigma, e non

semplicemente una pratica, se indagherà su come la plasticità cerebrale si declina in modificabilità cognitiva in base alle condizioni di possibilità date dall'ambiente. Le ricerche future andranno in questa direzione, partendo dall'importante ruolo della mediazione, della socialità intenzionale.

Inoltre, dal punto di vista delle politiche educative, sottolineo come questo tipo di educazione non sia una pedagogia speciale. Piuttosto voglia rivolgersi a tutti. E questo porta anche una conseguenza problematica [Ceci e Papierno, 2005]: gli interventi atti a colmare i gap tra popolazioni di studenti negli Stati Uniti, quando sono stati rivolti ai gruppi di studenti non-svantaggiati hanno avuto l'effetto di ampliare quei gap. Questo è in completa coerenza con quanto affermato in questa tesi, ossia che il cervello si modifica per prossimità funzionale; e implica che le persone che hanno appreso ad adattarsi meglio, sono anche più in grado di avvantaggiarsi delle pratiche dell'educazione cognitiva. Pertanto l'educazione cognitiva che qui propongo non appartiene alla pedagogia speciale. Piuttosto tenta di essere person-centered, nel senso che sostiene gli studenti più deboli costruendo le capacità cognitive in cui sono deficitari, e allo stesso tempo conduce gli studenti più forti a utilizzare i propri punti di forza per apprendere più rapidamente nuovi saperi e abilità. Naturalmente, gli studenti che dispongono di capacità cognitive trasversali poco efficienti hanno maggiore bisogno di supporto. E questo implica anche l'adozione di strumenti diagnostici appropriati.

C'è ancora molta strada da fare per integrare le scienze dell'educazione con le neuroscienze, allo stesso modo di come l'ingegneria è integrata con le scienze matematiche e naturali. Affinché questa integrazione sia possibile c'è bisogno di una teoria generale della cognizione e del suo strutturarsi. La presente tesi vuole essere un contributo in questa direzione: ho tentato di mostrare che una teoria unificata della cognizione e dell'apprendimento è non solo possibile, ma anche basilare per l'educazione, in quanto le capacità cognitive si modificano con l'esperienza e tali modifiche si riflettono in cambiamenti nella qualità della comprensione e del problem-solving, finendo dunque per condizionare il successivo apprendere.

Come sostiene Demetriou [2011], l'educazione può capitalizzare su questo modello: gli obbiettivi generali dell'educazione devono essere allineati alle

possibilità e ai limiti del progressivo strutturarsi della cognizione.

La realizzazione a livello scolastico delle implicazione educative discusse qui sopra implica dei cambiamenti estensivi in vari campi. Per prima cosa, richiede di creare nuovi curricula e contenuti di insegnamento volti a promuovere la modificabilità cognitiva, a partire dagli anni pre-scolastici fino a quelli universitari. Ovviamente questo necessita del supporto dei policy makers, inclusi i consigli accademici. In secondo luogo, la formazione degli insegnanti va cambiata: gli insegnanti hanno bisogno di conoscere le caratteristiche e le dinamiche dei processi mentali e cerebrali, in particolare quelli relativi allo sviluppo, all'apprendimento, alle differenze individuali nelle prestazioni e alle relazioni interpersonali. Virtualmente in maniera analoga a come un medico conosce i processi e le dinamiche del corpo umano e di come cambia in seguito all'esposizione a diverse condizioni di vita. Pertanto la formazione degli insegnanti dovrebbe essere organizzata in modo tale che tali conoscenze biologiche e culturali, assieme le rilevanti abilità di mediazione, siano acquisite dai futuri docenti.

Come dicevo, c'è ancora molta strada da fare prima che la visione di un'educazione imperniata sulla modificabilità cognitiva e sulla mediazione sia implementata su larga scala. Spero che questa tesi possa aprire un dialogo volto a promuovere l'educazione cognitiva, e a costruire dei modelli di apprendimento/cognizione sempre più raffinati.

BIBLIOGRAFIA

1. Adey Philip, Demetriou Andreas et al. (2007), Can we be intelligent about intelligence? Why education needs the concept of plastic general ability, *Educational Research Review*, 2
2. Anastasi Anna, Urbina Susana (1997), *Psychologica testing*, NJ: Prentice–Hall
3. Axelrod Robert, Hamilton William (1981), The Evolution of Cooperation, *Science, New Series*, 211
4. Baddeley Alan (1990), *Human memory: Theory and practice*. London: Lawrence Erlbaum
5. Bandura Albert (1997), *Self-efficacy: the exercise of control*. New York: W.H. Freeman
6. Baruzzo Roberto (2007), Autoregolazione del sé, *Psyche Nuova*
7. Bateson Gregory (1972), *Steps to an Ecology of Mind,* San Francisco: Chandler
8. Bateson Gregory (1979), *Mind and Nature: A Necessary Unity,* New Jersey: Hampton Press
9. Battro Antonio, Fischer Kurt, Léna Pierre (2008), *The Educated Brain: Essays in Neuroeducation*, Cambridge University Press
10. Bear Mark, Connors Barry, Paradiso Michael (2001), *Neuroscience: Exploring the Brain,* Providence: Lippincott Williams & Wilkins
11. Bechtel William (2002), Aligning multiple research techniques in cognitive neuroscience: Why is it important? *Philosophy of Science*, 69
12. Ben Hur Meir (2001), Feuerstein Instrumental Enrichment (FIE) as a Model for School Reform, in *Unlocking Human Potential to Learn*, Canada: UNEVOC – ICELP Conference Proceedings
13. Ben Hur Meir et al. (2009), *Case Study: Improved Graduation Math Test Scores in Cleveland High Schools*, Glencoe: IRI
14. Berridge Kent (2007) The debate over dopamine's role in reward: the case for incentive salience, *Psychopharmacology,* 191

15. Best Janet, Nijhout Frederik, Reed Michael (2010), Serotonin synthesis, release and reuptake in terminals: a mathematical model, *Theoretical Biology and Medical Modelling*, 7 (34)
16. Binder Marc, Hirokawa Nobutaka, Windhorst Uwe (2009), *Encyclopedia of Neuroscience*, Berlin: Springer
17. Bonawitz Elizabeth et al. (2011), The double-edged sword of pedagogy: Instruction limits spontaneous exploration and discovery , *Cognition* 120 (3)
18. Büchel Fredi (2007), *L'intervention cognitive en éducation spéciale. Deux programmes métacognitifs*. Carnets des sciences de l'éducation, Universite de Geneve
19. Cairns Dorion (2002), Phenomenology and present day psychology, *Phenomenology and the Cognitive Sciences,* 1
20. Calissano Pietro (2001), *Mente e cervello un falso dilemma?,* Genova: Il Melangolo
21. Catmur Caroline et al. (2010), Making Mirrors: Premotor Cortex Stimulation Enhances Mirror and Counter-mirror Motor Facilitation, *Journal of Cognitive Neuroscience*
22. Causey Kayla et al. (2008), Evolutionary Developmental Psychology and the Role of Plasticity in Ontogeny and Phylogeny, *Psychological Inquiry,* 19 (1)
23. Ceci Stephen and Papierno Paul (2005), The rethoric and reality of gap closing, *American Psychologist* 60 (2)
24. Chalmers David (1996), *The Conscious Mind,* Oxford: University Press
25. Chalmers David (1999), First-person Methodologies in the Science of Consciousness, *Consciousness Bulletin*
26. Chamorro-Premuzic Tomas, Plomin Robert et al. (2010), More than just IQ: A longitudinal examination of self-perceived abilities as predictors of academic performance in a large sample of UK twins, *Intelligence,* 38 (4)
27. Churchland Patricia (1986), *Neurophilosophy. Towards a unified science of the mind-brain,* Cambridge (Mass.): MIT Press
28. Cianciolo Anna, Sternberg Robert (2004), *Intelligence: A Brief History*, London: Blackwell

29. Claparède Edouard (1920), *L'École sur mesur*, Genève: Payot
30. Cliffordson Christina, Gustasson Jan-Erik (2008), Effects Of age and schooling on intellectual performace, *Intelligence* 36(2)
31. Cohen Abraham, a cura di, (2003), *Il Talmud*, 3 edizione, Roma: Laterza
32. Collins John (2007), The Neuroscience of Learning, *Journal of Neuroscience Nursing,* 39 (5)
33. Colvin Stephen (1911), *The Learning Process*, New York: The Macmillan Co.
34. Conway Andrew et al. (2003), Working Memory capacity and its relation to general intelligence, *Trends in Cognitive Science,* 7 (12)
35. Cornoldi Cesare (2007), *L'intelligenza*, Bologna: il Mulino
36. Cozolino Louis (2008), *Il cervello sociale, Neuroscienze delle relazioni umane*, Milano: Raffaello Cortina Editore
37. Crane Tim (2003), *Fenomeni mentali: un’introduzione alla filosofia della mente,* Milano: Raffaello Cortina
38. Crick Francis, Koch Christof (1998), Consciousness and Neuroscience, *Cerebral Cortex*, 8
39. Cziko Gary (1995), *Without Miracles: Universal Selection Theory and the Second Darwinian Revolution*, MIT press
40. Dai David Yun e Sternberg Robert (2004), *Motivation, Emotion and Cognition,* London: Lawrence Erlbaum
41. Damasio Antonio (1994), *Descates' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*, New York: Putnam Publishing
42. Damasio Antonio (1999), *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*, New York: Harcourt
43. Davidson Richard, Jackson Daren, Kalin Ned (2000), Emotion, Plasticity, Context and Regulation, *Psychological Bulletin,* 126 (6)
44. Daw Nathaniel, Shohamy Daphna (2008), The Cognitive Neuroscience of Motivation and Learning, *Social Cognition,* 26 (5)
45. Deary Ian, Penke Lars and Johnson Wendy (2010), The neuroscience of human intelligence differences*, Nature Reviews Neuroscience* 11
46. Dehaene Stanislas (2009)**,** *Reading in the brain,* New York: Penguin Viking

47. Demetriou Andreas et al. (2011), Educating the developing mind, *Educ Psychol Rev* 23
48. Dennett Daniel (1991), *Consciousness explained*, Boston: Little Brown and Co.
49. Dennett Daniel (1995), *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meaning of Life,* New York· Simon & Schuster
50. Dennett Daniel (1996), *Kinds of minds. Toward an Understanding of Consciousness*, New York: Harper & Collins
51. Dennett Daniel (2003), *Freedom Evolves*, New York: Viking Books
52. Dewey John (1925), *Experience and Nature*, Chicago: Open Court
53. Diamond Adele, Amso Dima (2008), Contribution of Neuroscience to Our Understanding of Cognitive Development, *Association of Psychological Science,* 17 (2)
54. Edelman Gerald (1987), *Neural Darwinism. The Theory of Neuronal Group Selection,* New York: Basic Books
55. Edelman Gerald (1989), *The Remembered Present,* New York: Basic Books
56. Edelman Gerald (1992), *Bright Air, Brilliant Fire*. *On the Matter of the Mind,* New York: Basic Books
57. Edelman Gerald, Tononi Giulio (2003), *Un universo di coscienza. Come la materia diventa immaginazione,* Torino: Einaudi
58. Edin Fredrik et al. (2007), Stronger Synaptic Connectivity as a Mechanism behind Development of Working Memory–related Brain Activity during Childhood , *Journal of Cognitive Neuroscience,* 19 (5)
59. Edin Fredrik (2007), Fronto-Parietal Connection Asymmetry Regulates Working Memory Distractability, *Journal of Integrative Neuroscience*, 6:4
60. Edin Fredrik, McNab Fiona et al. (2009), Mechanism for top-down control of working memory capacity, *PNAS*
61. Engle Randall (2002), Working Memory Capacity as Executive Attention, *Current Directions in Psychological Science*
62. Engle Randall (2010), Role of Working-Memory Capacity in Cognitive Control, *Current Anthropology,* 51 (1): Supplement
63. Engel Pascale et al. (2008), Are Working Memory Measures Free of

Socioeconimic Influence, *Journal of Speech, Language and Hearing Research,* 51

64. Fabio Rosa (2005), Dynamic Assessment of Intelligence Is a Better Reply to Adaptive Behavior and Cognitive Plasticity, *The Journal of General Psychology,* 132 (1)
65. Fabre Michel (1994), *Penser la formation*, Paris: Presses Universitaires de France
66. Falik Louis (2001), Changing Children's Behavior: Focusing on the “E” in Mediated Learning Experience, in *Unlocking Human Potential to Learn*, Canada: UNEVOC – ICELP Conference Proceedings
67. Ferguson Melissa, Bargh John (2004) How social perception can automatically influence behavior. *Trend in Cognitive Sciences,* 8
68. Feuerstein Reuven, Hoffman Mendel, Kasilowsky David, Rand Yaakov, Tannenbaum Abraham (1976), The effects of group care on the psychosocial habilitation of immigrant adolescents in Israel, *International Review of Applied Psychology,* 25
69. Feuerstein Reuven (1978), The Ontogeny of Learning, in M. Brazier (ed. by), *Brain Mechanisms in retardation*, Baltimore: University Park Press
70. Feuerstein Reuven, Rand Yaakov, Rynders John (1988), *Don't Accept Me As I Am,* New York: Plenum Press
71. Feuerstein Reuven, Feuerstein Shmuel (1991), MLE: A theoretical review, in Feuerstein, Klein, Tannenbaum, *Mediated Learning Experience – Theoretical, psycho-social and educational implications. Proceedings of the First International Conference on Mediated Learning Experience*, London: Freund
72. Feuerstein Reuven, Feuerstein Raphael, Schur Yaron (1997), Process as content in regular education and in particular in education of the low functioning retarded performer. In Costa e Liebman, *If process were content: Sustaining the spirit of learning*, Thousand Oaks CA: Corwin Press
73. Feuerstein Reuven, Feuerstein Raphael, Falik Louis, Rand Yaakov (2002), *The Dynamic Assessment of Cognitive Modifiability*, Jerusalem: ICELP Pubblications

74. Feuerstein Shmuel (2002), *Biblical and Talmudic Antecedents of Mediated Learning Experience Theor*y, Jerusalem: ICELP Pubblications
75. Feuerstein Reuven, Feuerstein Raphael, Falik Louis, Rand Yaakov (2006), *The Feuerstein Instrumental Enrichment Program*, Jerusalem: ICELP Pubblications
76. Feuerstein Reuven, Falik Louis (2010), Learning to Think, Thinking to Learn, *Journal of Cognitive Education and Psychology,* 9 (1)
77. Fischer Kurt, Bidell Thomas (2006), Dynamic development of action, thought, and emotion. In R. M. Lerner (ed.) and W. Damon (Series ed.), Handbook of Child *Psychology: Vol. I. Theoretical Models of Human Development 6th edition*, New York: Wiley
78. Fleischman Matthew, Othmer Siegfried (2005), Case Study: Improvements in IQ Score and Maintenance of Gains Following EEG Biofeedback with Mildly Developmentally Delayed Twins, *Journal of Neurotherapy*, 9 (4)
79. Frabboni Franco, Pinto Minerva Franca (2003), *Introduzione alla pedagogia generale*, Roma-Bari: Laterza
80. Freeman Willard et al. (2010), Gene expression changes in the medial prefrontal cortex and nucleus accumbens following abstinence from cocaine self-administration, *BMC Neuroscience,* 11 (29)
81. Freire Paulo (1973), *L'educazione come pratica di libertà*, Milano: Mondadori
82. Frith Christpher (2004), *The Neuroscience of Social Interaction*, Oxford University Press
83. Gallagher Saun (2003), Phenomenology and Neurophenomenology, *Aluze: Revue pro literaturu, filozofii,* 2
84. Gallagher Saun, Depraz Natalie (2002), Phenomenology and the Cognitive Sciences, *Phenomenology and the Cognitive Sciences,* 1
85. Gallese Vittorio (2007), Dai Neuroni Specchio alla Consonanza Intenzionale, *Rivista di Psicoanalisi,* 53 (1)
86. Gallese Vittorio et al. (2007), Intentional Attunement, *Journal of the American Psychoanalytic Association,* 55 (1)
87. Gallese Vittorio, Lakoff George (2005), The Brain's Concepts, *Cognitive*

Neuropshycology, 21 (0)
88. Gamez David (2012), From Baconian to Popperian Neuroscience, *Neural Systems and Circuits* 2 (2)
89. Garcia Sandra, Abed Anita (2010), The impact of skills development through the application of MindLab Project's methodology: a study of Year 5 students, *MindGroup Estudo Internacional – Resuldados Brasil 2009*
90. Gardner Howard (1983), *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, New York: Basic Books
91. Gardner Howard (1991), *Aprire le menti,* Milano: Feltrinelli
92. Gardner Howard (1994), *Intelligenze creative,* Milano: Feltrinelli
93. Gardner Howard (2006), *Five Minds for the Future*, Boston: Harvard Business School Press
94. Garlick Dennis (2002), Understanding the Nature of the General Factor of Intelligence: The Role of Individual Differences in Neural Plasticity as an Explanatory Mechanism, *Psychological Review,* 109 (1)
95. Garlick Dennis (2003), Integrating Brain Science Research With Intelligence Research, *American Psychological Society*
96. Gastaut Henri, Bert J. (1954), EEG changes during cinematographic presentation. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol*. 6
97. Gazzaniga Michael (1989), *Il cervello sociale: alla scoperta dei circuiti della mente*, Firenze: Giunti
98. Gazzaniga Michael (2004), *The Cognitive Neuroscience,* Third Edition, MIT Press
99. Geake John (2008), Neuromythologies in education, *Educational Research,* 50 (2)
100. Gläscher Jan et al. (2010), Distributed neural system for general intelligence revealed by lesion mapping, *PNAS* 107 (10)
101. Goleman Daniel (1995), *Emotional Intelligence*, New York: Bantam Books
102. Goswami Usha (2008) Reading, dyslexia and the brain, *Educational Research,* 50 (2)
103. Green Adam et al. (2008), Using genetic data in cognitive

neuroscience*, Nature Neuroscience,* 9

104. Green C. and Bavelier D. (2008), Exercising your brain, *Psychology and Aging* 23:4

105. Hardcaste Valerie, Stewart Matthew (2002), What do brain data really show? *Philosophy of Science*, 69

106. Hebb Donald (1949), The *organization of behavior: A neuropsychological theory,* New York: Wiley

107. Hilgard Ernest, Marquis Donald (1940), *Conditioning and learning.* New York: Appleton-Century

108. Howard-Jones Paul (2008), Education and neuroscience, *Educational Research,* 50 (2)

109. Howells Fleur, Stein Dan, Russell Vivienne (2010) Perceived mental effort correlates with changes in tonic arousal during attentional tasks, *Behavioral and Brain Functions*, 6

110. Hubel David, Wiesel Torsten (1965), Binocular interaction in striate cortex of kittens reared with artificial squint, *Journal of Neurophysiology,* 28

111. Hurley Susan, Chater Nick (2005), *Perspective on Imitation, Vol. I: Mechanisms of Imitation and Imitation in Animals*, MIT press

112. Hurley Susan, Chater Nick (2005), *Perspective on Imitation, Vol. II: Imitation, Human Development, and Culture*, MIT press

113. Husserl Edmund (1961), *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, traduzione italiana a cura di E. Filippini, Milano: il Saggiatore

114. Iacoboni Marco (2009), Imitation, Empathy and Mirror Neurons, *Annual Review of Psychology,* 60

115. Jacob Pierre (2008), The tuning-fork model of human social cognition: A critique, *Consciousness and Cognition*

116. Jaeggi Susanne et al. (2008), Improving Fluid Intelligence with Training on Working Memory, *Pnas,* 105 (19)

117. James William (1890), *Principles of psychology,* New York: Henry Holt

118. Jensen Arthur (1969), How much can we boost I.Q. and scholastic

achievement? *Harvard Educational Review*, 33

119. Jung Rex , Haier Richard (2007), The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence, *Behavioral And Brain Sciences* 30

120. Kandel Eric (1998), A New Intellectual Framework for Psychiatry, *Am J Psychiatry,* 155 (4)

121. Kane Michael, Engle Randall (2002), The role of prefrontal cortex in Working Memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence, *Psychonomic Bulletin & Review,* 9 (4)

122. Kauer Julie, Malenka Robert (2007) Synaptic plasticity and addiction. *Nat Rev Neurosci,* 8 (11)

123. Kaufmann Liane (2008) Dyscalculia: neuroscience and education*,* *Educational Research,* 50 (2)

124. Kesner Raymond, Martinez Joe (2007), *Neurobiology of Learning and Memory*, Burlington: Academic Press

125. Kim Jaegwon (1998), Mind in a Physical World, Cambridge (Mass.): MIT Press

126. Kizilgunes Berna et al. (2009), Modeling the Relations Among Students' Epistemological Beliefs, Motivation, Learning Approach, and Achievement, *The Journal of Educational Research*

127. Klingberg Totkel et al. (2005) Computerized Training of Working Memory in Children With ADHD—A Randomized, Controlled Trial, *Child and Adolescent Psychiatry,* 44 (2)

128. Koizumi Hideaki (2004) The concept of 'developing the brain': A new natural science for learning and education. *Brain and Development,* 26

129. Kozulin Alex (2000), The diversity of instrumental enrichment applications, in Kozulin Alex e Rand Yaakov, *Experience of Mediated Learning, an impact of Feuestein's theory in education and psychology,* Oxford: Pergamon

130. Krech David, Rosenzweig Mark, Bennett Edward (1960), Effects of environmental complexity and training on brain chemistry, *Journal of Comparative and Physiological Psychology,* 53

131. Lamm Ehud, Jablonka Eva (2008), The Nurture of Nature: Hereditary Plasticity in Evolution, *Philosophical Psychology,* 21 (3)

132. Lashley Karl (1950), In search of the engram, *Symposia of the Society for Experimental Biology,* 4

133. Lepage Jean-François, Théoret Hugo (2007), The mirror neuron system: grasping others' actions from birth? *Developmental Science,* 10 (5)

134. Lewontin Richard (2000), *The Triple Helix: Gene, Organism, and Environment*, Harvard University Press

135. Li Xuebing, Chan Raymond, Luo Yue-jia (2010) Stage effects of negative emotion on spatial and verbal working memory, *BMC Neuroscience,* 11 (60)

136. Linden Michael, Habib Thomas, Radojevic Vesna (1996), A Controlled Study of the Effects of EEG Biofeedback on Cognition and Behavior of Children with Attention Deficit Disorder and Learning Disabilities, *Biofeedback and Self-Regulation*, 21 (1)

137. Luo Dasen et al. (2010), Modelling Working Memory tasks on the item level, *Intelligence,* 38 (1)

138. Lynn Richard (2009), In Italy north-south differences predict differences in income, education, infant mortality, stature and literacy, *Intelligence*, 38

139. Margiotta Umberto, ed. by, (2012), *The Changing Mind*, Lecce: Pensa

140. Marti Sébastien, Sackur Jérôme, Sigman Mariano, Dehaene Stanislas (2010), Mapping introspection's blind spot: Reconstruction of dual-task phenomenology using quantified introspection, *Cognition,* 115

141. Martinez Michael (2008), Learnable Intelligence, *SciTopics*

142. Maturana Humberto, Varela Francisco (1980), *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living,* Dordrecht: Reidel.

143. Mayr Ernst (2004), *What's makes biology unique? Considerations on the Autonomy of a Scientific Discipline*, Cambridge University Press

144. McNab Fiona, Klingberg Torkell (2009), Canghes in Cortical Dopamine D1 Receptor Binding Associated with Cognitive Training,

Sciences, 323

145. McNab Fiona et al. (2008), Common and unique componenets of inibition and working memory, *Neuropsychologia,* 46

146. Mehta Mitul et al. (2000), Methylphenidate Enhances Working Memory by Modulating Discrete Frontal and Parietal Lobe Regions in the Human Brain, *The Journal of Neuroscience*, 20

147. Meier Marcos, Garcia Sandra (2007), *Mediação da aprendizagem: conttibuições de Feuerstein e de Vygotsky*. Curitiba: Edição do autor

148. Mencarelli Mario (1972), *Potenziale educativo e creatività*, Brescia: la Scuola

149. Mencarelli Mario (1977), Creatività e Valori Educativi, Brescia: la Scuola

150. Merleau-Ponty Maurice (1945), *Phénoménologie de la perception*, Paris: Gallimard

151. Min Byoung-Kyong, Park Hae-Jeong (2010), Task-related modulation of anterior theta and posterior alpha EEG reflects top-down preparation, *BMC Neuroscience*, 11 (79)

152. Mitnik Ruben et al. (2009), Developing Cognition with Collaborative Robotic Activities, *Educational Technology and Society,* 12 (4): 317-330

153. Mogle Jacqueline et al. (2008), What's so Special about Working Memory, *Psychological Science,* 19 (11)

154. Moore Christopher, Cohen Michael, Ranganath Charan (2006), Neural Mechanisms of Expert Skills in Visual Working Memory, *The Journal of Neuroscience,* 26 (43)

155. Mukamel Roy et al. (2010), Single-Neuron Responses in Humans during Execution and Observation of Actions, *Current Biology,* 20 (8)

156. Mulcahy Robert et al. (1993), *Cognitive Education Project. Summary report*, Edmonton: Alberta Department of Education

157. Naceur Abdelmajid, Schiefele Ulrich (2005), Motivation and learning - The role of interest in construction of representation of text and longterm retention, *European Journal of Psychology and Education,* 20 (2)

158. Olesen Pernille, Helena Westerberg & Torkel Klingberg (2004),

Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory, *Nature Neuroscience* 7:1

159. Olesen Pernille et al. (2006), Brain Activity Related to Working Memory and Distraction in Children and Adults, *Cerebral Cortex*

160. Oon-Seng Tan (2006), Development of a thinking programme for engineering students, *Innovations in Education and Teaching International,* 43 (3)

161. Overgaard Morten (2001), The role of phenomenological reports in experiments on consciousness, *Psycholoquy,* 12 (29)

162. Pallier Christophe et al. (2003), “Brain imaging of language plasticity in adopted adults: Can a second language replace the first?”, *Cerebral Cortex*, 13

163. Paquette Vincent, Beauregard Mario et al. (2003), “Change the mind and you change the brain”: effects of cognitive- behavioral therapy on the neural correlates of spider phobia, *NeuroImage,* 18

164. Perrig Walter et al. (2009), Can We Improve Fluid Intelligence with Training on Working Memory in Persons with Intellectual Disabilities?, *Journal of Cognitive Education and Psychology,* 8 (2)

165. Phan Huyn (2008), Predicting change in epistemological beliefs, reflective thinking and learning styles, *British Journal of Educational Psychology,* 78

166. Phan Huyn (2009), Reflective thinking, effort, persistence, disorganization, and academic performance, *Electronic Journal in Educational Psychology,* 7 (3)

167. Phillips Anthony (2003) Mesocorticolimbic dopamine: a neurochemical link between motivation and memory. *International Congress Series,* 1250

168. Plomin Robert et al. (2003), *Nature, Nurture, and the Transition to Early Adolescence*, Oxford: University Press

169. Pressley Michael, McCormick Christine (1995), *Advanced Educational Psychology for Educators, Researchers, and Policymakers*, New York: Harper Collins

170. Purves Dale et al. (2004), *Neuroscience, Third edition*, Sunderland: Sinauer

171. Putnam Hilary (1990), Realism with Humane Face, Cambridge (Mass.): Harvard University Press

172. Ramachandran Vilayanur (2000), *Mirror Neurons and imitation learning as the driving force behind "the great leap forward" in human evolution*, Edge: The Third Culture

173. Rameson Lian et al. (2010) , The neural correlates of implicit and explicit self-relevant processing, *NeuroImage,* 50

174. Reis Francisca das Chagas Soares (2008), Informatica Educativa, Letramento Digital e Aprendizagem Mediada, *Anais Eletronicos*

175. Rizzolatti Giacomo, Fogassi Leonardo, Gallese Vittorio (2001), Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action, *Nature Reviews,* 2

176. Rizzolatti Giacomo, Craighero Laila (2004), The Mirror-Neuron System, *Annual Review of Neuroscience,* 27

177. Rizzolatti Giacomo, Vozza Lisa (2008), *Nella mente degli altri*, Bologna: Zanichelli

178. Romney David, Samuels Marilyn (2001), A meta-analytic evaluation of Feuerstein's Instrumental Enrichment program , *Educational and Child Psychology*, 18 (1)

179. Ros Tomas et al. (2010), Endogenous control of waking brain rhythms induces neuroplasticity in humans. *European Journal of Neuroscience*, 31 (4)

180. Rosenzweig Mark (1971), Effects of environment on development of brain and behavior. In E. Tobach (Ed.), *Biopsychology of development* (pp. 303-342), New York: Academic Press

181. Rosenzweig Mark, Bennett Edward, Krech David (1964), Cerebral effects of environmental complexity and training among adult rats*, Journal of Comparative and Physiological Psychology,* 57

182. Rubinsten Orly, Tannock Rosemary, *(*2010) Mathematics anxiety in children with developmental dyscalculia, *Behavioral and Brain Functions*, 6

(46)

183. Ruiz C. J. (1985), *Cognitive modifiability and irreversibility* (Pub. No. 4). Guayana, Venezuela: University of Guayana

184. Sebastian Catherine et al. (2008) , Development of the self-concept during adolescence, *Trends in Cognitive Sciences,* 12 (11)

185. Shayer Michael (2003), Not just Piaget; not just Vygotsky, and certainly not Vygotsky as alternative to Piaget, *Learning and Instruction,* 13

186. Smith David, Thomasson Amie (2005), *Phenomenology and Philosophy of Mind*, Oxford: Clarendon Press

187. Smith Glenn et al. (2009), A Cognitive Training Programme based on Principles of Brain Plasticity, *Journal of American Geriatrics Society*, 57

188. Sperry Roger (1963), Chemoaffinity in the orderly growth of nerve fiber patterns and connections, *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 50

189. Sternberg Robert, Kaufman James (1999), Diversamente intelligenti: differenti modelli di spiegazione delle abilità mentali, *Difficoltà di Apprendimento,* 4

190. Sterngerg Robert (2006), Examining Intelligence, *BizEd*

191. Sternberg Robert (2008), Increasing Fluid Intelligence is possible after all, *Pnas,* 105 (19)

192. Stich Stephen, Warfield Ted (2003), *The Blackwell Guide to Philosophy of Mind*, Oxford: Blackwell Publishing

193. Stiles Joan (2000), Neural Platicity and Cognitive Development, *Developmental Neuropsychology,* 18 (2)

194. Tachibana Yoshiyuki et al. (2012), A GO intervention program for enhancing elementary school children's cognitive functions and control abilities of emotion and behavior , *Trials* 13 (8)

195. Thatcher, R.W., North, D. and Biver, C. (2005), EEG and Intelligence: Relations Between EEG Coherence, EEG Phase Delay and Power, *Clinical Neurophysiology*

196. Thorell Lisa, Sofia Lindqvist, Sissela Bergman Nutley, Gunilla Bohlin and Torkel Klingberg (2009), Training and transfer effects of executive

functions in preschool children, *Developmental Science* 12:1

197. Tinoco Melo Eraldo et al. (2000), *O PEI e ensino publica na Bahia, Forum International PEI: Preparando o Cidadao para um mundo sem fronteiras*, Salvador: Fundação Luis Eduardo Magalhães

198. Tully Keith, Bolshakov Vadim (2010), Emotional enhancement of memory: how norepinephrine enables synaptic plasticity, *Molecular Brain,* 3 (15)

199. Turner Julianne, Patrick Helen (2008), How Does Motivation Develop and Why Does It Change, *Educational Psychologist,* 43 (3)

200. Tzuriel David et al. (2011), Cognitive Modifiability, Emotional–Motivational Factors, and Behavioral Characteristics Among Gifted Versus Nongifted Children , *Journal of Cognitive Education and Psychology* Vol. 10

201. Varela Francisco, Shaer Jonathan (1999), First-person Methodologies, *Journal of Consciousness studies,* 6

202. Varela Francisco, Cohen Amy (2000), The practice of subjectivity in neuroscientific and psychoanalytic experience, *European Journal of Psychoanalysis,* 10-11

203. Vesterager Lone et al. (2011), Cognitive training plus a comprehensive psychosocial programme, *Biomed Trails* 12:35

204. Visalberghi Aldo (1988), *Insegnare ed apprendere. Un approccio evolutivo*, Firenze: La nuova Italia

205. Visser Beth et al. (2006), Beyond *g*: Putting multiple intelligences theory to the test, *Intelligence,* 34

206. Vygotsky Lev (1934) *Thought and Language*

207. Weisberg Skolnick et al. (2008), The seductive allure of neuroscience explanation, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20

208. Westerberg Helena et al. (2007), Computerized working memory training after stroke – A pilot study, *Brain Injury,* 21 (1)

209. Westerberg Helena, Klingberg Torkel (2007), Changes in cortical activity after training of working memory, *Physiology & Behavior*

210. Wilson Robert, Keil Frank (1999), *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*, Cambridge: the MIT Press

211. Xuebing Li, Raymond C.K. Chan, Yue-jia Luo (2010) Stage effects of negative emotion on spatial and verbal working memory, *BMC Neuroscience*, 11 (60)

212. Zahavi Dan (2002), First-person thoughts and embodied self-awareness, *Phenomenology and the Cognitive Sciences,* 1

213. Zhang Li-fan, Sternberg Robert (2005), A Threefold Model of Intellectual Styles, *Educational Psychology Review,* 17 (1)